MINISTÈRE
DES RICHESSES
NATURELLES
DIRECTION GÉNÉRALE
DES MINES

SERVICE DE L'EXPLORATION GÉOLOGIQUE
GEOLOGICAL EXPLORATION SERVICE

Région de ROLLAND COUSINEAU LEGENDRE Area

LEGISLATIVE LIBRARY
MAR 2 1974
RECEIVED

RAPPORT GÉOLOGIQUE
GEOLOGICAL REPORT – 153

MICHAEL B. KATZ

1973

TABLE DES MATIERES

	Page
INTRODUCTION	1
Localisation et accès	1
Travaux sur le terrain	2
Remerciements	2
Travaux antérieurs	3
GEOMORPHOLOGIE	4
Drainage	4
Topographie	7
Glaciation	7
Erosion glaciaire	7
Dépôts glaciaires	8
POPULATION ET RESSOURCES	9
NOMENCLATURE DES ROCHES	10
Gneiss	10
Granofels	11
Roches monominérales	11
Roches riches en pyroxène, en hornblende et en plagioclase	11
Granulite	12
Roches de la série des granulites et de la série de Morin	12
Alaskite	12
Charnockite	14
Enderbite	14
Mangerite quartzifère	14
Gneiss inéquigranulaires et gneiss oeillés.	14
Roches porphyriques.	15
Roches porphyroblastiques	15
Roches porphyroclastiques	15
Déformation et recristallisation	15
Nomenclature structurale	17
Symboles de minéraux	17
Assemblages minéralogiques	20
GEOLOGIE GENERALE ET RELATIONS D'AGE DES FORMATIONS	20
TABLEAU DES FORMATIONS	22
Groupe de Grenville	23
Pétrographie du groupe de Grenville	24
Paragneiss d'origine superficielle	24
Quartzites et gneiss riches en quartz	25
Gneiss à sillimanite, à grenat et à biotite	26

TABLE OF CONTENTS

	Page
INTRODUCTION	1
Location and Access	1
Field Work	2
Acknowledgements	2
Previous Work	3
GEOMORPHOLOGY	4
Drainage	4
Topography	7
Glaciation	7
Glacial Erosion	7
Glacial Deposits	8
POPULATION AND RESOURCES	9
NOMENCLATURE OF ROCKS	10
Gneiss	10
Granofels	11
Monomineralic rocks	11
Rocks rich in pyroxene, hornblende and plagioclase	11
Granulite	12
Rocks of the granulite and Morin Series	12
Alaskite	12
Charnockite	14
Enderbite	14
Quartz mangerite	14
Inequigranular gneisses and augen gneisses	14
Porphyritic rocks	15
Porphyroblastic rocks	15
Porphyroclastic rocks	15
Deformation and Recrystallization	15
Structural Nomenclature	17
Symbols for Minerals	17
Mineral Assemblages	20
GENERAL GEOLOGY AND AGE RELATIONSHIPS OF FORMATIONS	20
TABLE OF FORMATIONS	22
Grenville Group	23
Petrography of the Grenville Group	24
Paragneisses of Supracrustal Origin	24
Quartzites and quartz-rich gneisses	25
Sillimanite, garnet and biotite gneisses	26

	Page
Marbres et tactites .	27
Autres roches d'origines douteuses	29
Pyriclasites, amphibolites et roches associées	29
Chimie des pyriclasites	30
Gneiss à hornblende et à biotite	32
Association de granulite ...	33
Classification des granulites	36
Distribution générale	38
Structure	39
Pétrographie des granulites	49
Pétrographie des granulites quartzofeldspathiques	50
Granulites alaskitiques	50
Granulites à grenat .	51
Granulites à oxyde ..	54
Pétrographie des granulites à hypersthène ...	54
Granulites enderbitiques	54
Granulites charnockitiques	55
Granulites charnockitiques à hornblende	56
Granulites à diopside	56
Granulites à hornblende et à biotite	57
Granulites à chlorite	57
Chimie des granulites ...	60
Granulites quartzofeldspathiques	60
Granulites à hypersthène	61
Diagrammes de variation	63
Eléments mineurs.	67
Série Morin	70
Groupe de Buckingham	72
Groupe de Pine Hill	74
Chimie de la série de Morin	75
Groupe de Buckingham	76
Groupe de Pine Hill..	76
Dykes et mylonites postérieures à la série de Morin	80
STRUCTURES DES COURONNES	82
Couronnes dans les roches de métamorphisme poussé ..	82

	Page
Marbles and tactites ..	27
Other Rocks of Dubious Origin	29
Pyriclasites, amphibolites and related rocks	29
Chemistry of pyriclasites	30
Gneiss à nornblende et à biotite	32
Granulite Association	33
Classification of the granulites	36
General Distribution ..	38
Structure	39
Petrography of the Granulites	49
Petrography of the quartzofeldspathic granulites	50
Alaskitic granulites .	50
Garnet granulites	51
Oxide granulites	54
Petrography of the hypersthène granulites	54
Enderbitic granulites	54
Charnockitic granulites	55
Charnockitic-hornblende granulites	56
Diopside granulites	56
Hornblende and biotite granulites	57
Chlorite granulites ...	57
Chemistry of the granulites	60
Quartzofeldspathic granulites	60
Hypersthène granulites	61
Variation diagrams	63
Minor elements	67
Morin Series	70
Buckingham Group	72
Pine Hill Group	74
Chemistry of the Morin Series	75
Buckingham Group	
Pine Hill Group	76
Post-Morin Series dikes and mylonites	80
CORONA STRUCTURES	82
Coronas in high grade metamorphic rocks	82

	Page
Couronnes et faciès métamorphiques	83
Couronnes du parc du Mont Tremblant	85
Fréquences des couronnes	85
Types de couronnes	85
Structures de couronne régressive	87
Couronnes de sphène	87
Couronnes de biotite	87
Couronnes de hornblende	87
Couronnes de diopside	87
Structures de couronnes progressives	93
Couronnes de grenat	93
Couronnes de pyroxène	
Autres structures de couronnes	94
Couronnes d'oxyde	94
Couronnes multiples	94
MINERALOGIE	94
Pyroxènes coexistants	94
Analyses des pyroxènes coexistants	95
Grenat	97
Propriétés	97
Considérations chimiques	100
METAMORPHISME	101
Faciès minéralogique	101
Faciès textural	104
Parenté entre facies minéralogique et textural	104
Métamorphisme rétrogressif	105
Changements pendant le métamorphisme rétrogressif	106
Méthodes d'étude	108
STRUCTURE	111
Domaines géologiques	111
Foliation et linéation	113
Failles et joints	116
GEOLOGIE ECONOMIQUE	119
Dépôts métalliques	119
Magnétite - ilménite	119
Chalcopyrite	120
Pyrite	120
Dépôts non-métalliques	120
Graphite	120
Silice	121
Mica	121
Pierre de construction	121
BIBLIOGRAPHIE	122

	Page
Coronas and metamorphic facies	83
Coronas of Mont Tremblant Park	85
Corona frequencies	85
Corona Types	85
Regressive corona structures	87
Sphene coronas	87
Biotite coronas	87
Hornblende coronas	87
Diopside coronas	87
Progressive coronas structures	93
Garnet coronas	93
Pyroxene coronas	93
Other corona structures	94
Oxide coronas	94
Multiple coronas	94
MINERALOGY	94
Coexisting pyroxenes	94
Analyses of coexisting pyroxenes	95
Garnet	97
Properties	97
Chemical considerations	100
METAMORPHISM	101
Mineral facies	101
Fabric facies	104
Interrelationship between mineral and fabric facies	104
Retrogressive metamorphism	105
Changes during Retrogressive Metamorphism	106
Methods of study	108
STRUCTURE	111
Geological Domains	111
Foliation and lineation	113
Faults and Joints	116
ECONOMIC GEOLOGY	119
Metallic Deposits	119
Magnétite-Ilménite	119
Chalcopyrite	120
Pyrite	120
Non-metallic deposits	120
Graphite	120
Silica	121
Mica	121
Construction stone	121
BIBLIOGRAPHY	

TABLEAUX

	Page
1 - Abréviation des minéraux	18
2 - Roches riches en quartz	25
3 - Gneiss à sillimanite, grenat et biotite	27
4 - Roches calcareuses et leurs assemblages minéralogiques .	28
5 - Pyriclasites, amphibolites et roches associées	29
6 - Analyses des pyriclasites et des roches associées	31
7 - Gneiss rétrogrades à biotite et à hornblende	32
8 - Classification des granulites	38
9 - Types de granulites	51
10 - Analyses de granulites quartzofeldspathiques	62
11 - Analyses de granulites à hypersthène	64
12 - Oxydes mineurs dans les granulites	70
13 - Roches du groupe de Buckingham	73
14 - Roches du groupe de Pine Hill	75
15 - Analyses de roches de la série de Morin	77
16 - Fréquence des types communs de couronnes	84
17 - Types de couronnes dans le Parc du Mont Tremblant	86
18 - Analyses des pyroxènes coexistants	96
19 - Composition de la molécule terminale des grenats	98
20 - Assemblages minéralogiques des roches analysées	103
21 - Classification des roches basée sur le faciès minéralogique et textural	105
22 - Changements pendant le métamorphisme rétrogressif	109
23 - Assemblages minéralogiques et grade des échantillons .	110

TABLES

	Page
1 - Abbreviation of minerals	18
2 - Quartz-rich rocks	25
3 - Sillimanite, garnet and biotite gneisses	27
4 - Calcareous rocks	28
5 - Pyriclasites, amphibolites and related rocks	29
6 - Analyses of pyriclasites and related rocks	31
7 - Retrograde biotite and hornblende gneisses	32
8 - Classification of granulites .	38
9 - Granulite types	51
10 - Analyses of quartzofeldspathic granulites	62
11 - Analyses of hypersthene granulites	64
12 - Minor oxides in the granulites	70
13 - Buckingham Group rocks	73
14 - Pine Hill Group rocks	75
15 - Analyse of rocks of the Morin séries	77
16 - Frequency of coronas	84
17 - Corona types	86
.....	86
18 - Analyses of coexisting pyroxenes	96
19 - End molecule composition of garnet	98
20 - Mineral assemblages of the analyzed rocks	103
21 - Rocks classified on the basis of mineral and fabric facies	105
22 - Changes during retrogressive metamorphism	109
23 - Mineral assemblages and grade of specimens	110

ILLUSTRATIONS

Carte

No 1738 - Rolland-Cousineau-Legendre (en pochette)

Map -

No. 1738 - Rolland Cousineau-Legendre (in pocket)

FIGURES

	Page
1 - Caractéristiques topographiques et glaciaires ...	6
2 - Variation dans la composition minéralogique des des roches	13
3 - Classification des roches de la suite anorthositique	13
4 - Microstructures	16
5 - Classification structurale des gneiss	19
6 - Assemblages minéralogiques possibles des roches	21
7 - Corrélations entre les groupes de granulite	40
8 - Distribution des granulites quartzofeldspathiques ...	41
9 - Distribution des granulites à hypersthène	41
10 - Diagramme de variation des principaux oxydes	66
11 - Diagramme ternaire de variation pour les granulites	68
12 - Diagramme de variation pour les oxydes mineurs	70
13 - Diagramme ternaire de variation pour la série de Morin	79
14 - Lignes de liaison des pyroxènes coexistants	79
15 - Composition de la molécule terminale des grenats	79
16 - Diagramme ACF représentant toutes les granulites analysées	101
17 - Diagramme ACF représentant toutes les roches analysées	102
18 - Diagramme A'FF représentant toutes les roches analysées	102
19 - Variations dans le métamorphisme	112
20 - Domaines géologiques et orientations structurales	114

FIGURES

	Page
1 - Topographic and glacial features	6
2 - Variation in mineral composition of pyrobilite and pyroclastic rocks	13
3 - Classification of the rocks of the anorthosite suite	13
4 - Microstructures	16
5 - Structural classification of gneisses	19
6 - Possible mineral assemblages of rocks	21
7 - Interrelationships between granulite groups	40
8 - Distribution of quartzofeldsphatic granulites	41
9 - Distribution of hypersthene granulites	41
10 - Variation diagram for the principal oxides	66
11 - Ternary variation diagram for the granulites	68
12 - Variation for the minor oxides	70
13 - Ternary variation diagram for the Morin Series	79
14 - Tie lines of coexisting pyroxenes	79
15 - End molecule composition of garnets	79
16 - ACF diagram representing all analyzed granulites	101
17 - ACF diagram representing all analyzed rocks	102
18 - A'KF diagram representing all analyzed rocks	102
19 - Variations in metamorphism	112
20 - Geological domains and structural trends	114

	Page
21 - Pôles de foliation et de linéation des domaines 1 à 6b	117
22 - Pôles de foliation des domaines 6c à 12	118

PLANCHES

1 - Gneiss rubané	43
2 - Gneiss rubané montrant une amorce de boudinage	43
3 - Boudins d'amphibolite et de quartzite	44
4 - Gneiss rubané	44
5 - Boudinage dans une granulite à hypersthène	45
6 - Bande foncée tordue et brisée	45
7 - Bande foncée brisée et basculée	46
8 - Gneiss agmatitique	46
9 - Gneiss rubané, plis isoclinaux et structure ... cunéiforme	47
10 - Petits plis isoclinaux	47
11 - Granulite à hypersthène à petits plis	48
12 - Bande de quartz à pli ptygmatiques	48
13 - Textures microgranoblastiques	52
14 - Chaînes de grenats	52
15 - Gneiss micro-oeillé de granulite enderbitique	53
16 - Alternance de bandes d'hypersthène et de grenat	53
17 - Granulite à diopside	58
18 - Granulite à biotite	58
19 - Granulite à chlorite altérée	59
20 - Structures zonales et de sablier	81
21 - Porphyroblastes de feldspath	81

	Page
21 - Poles to foliation and linéations of domain 1 to 6b	117
22 - Poles to foliation of domain 6c to 12	118

PLATES

1 - Banded gneiss	43
2 - Banded gneiss displaying incipient boudinage	43
3 - Boudins of amphibolite and quartzite	44
4 - Banded gneiss	44
5 - Boudinage in hypersthene granulite	45
6 - Distorted and disrupted dark band	45
7 - Disrupted and rotated dark band	46
8 - Agmatite gneiss	46
9 - Isoclinal folds and arrowhead structure	47
10 - Fine isoclinal folds	47
11 - Small folded hypersthene granulite	48
12 - Ptygmatic folds quartz band	48
13 - Microgranoblastic fabrics.....	52
14 - Chains of garnets	52
15 - Enderbitic granulite micro-augen gneiss	53
16 - Alternation of bands of hypersthene and garnet	53
17 - Diopside granulite	58
18 - Biotite granulite	58
19 - Altered chlorite granulite	59
20 - Zonary and hourglass structures	81
21 - Feldspar porphyroblasts	81

	Page
22 - Couronnes de sphène autour d'oxydes	88
23 - Couronnes de biotite autour d'oxydes	88
24 - Couronnes de grenat autour d'oxydes	89
25 - Couronnes de grenat autour d'hypersthène	89
26 - Couronnes de grenat autour d'hornblende	90
27 - Couronnes d'hypersthène autour d'hornblende	90
28 - Couronnes d'hypersthène autour de grenat	91
29 - Couronnes d'oxydes autour d'hypersthène	91
30 - Couronnes d'oxydes autour de grenat	92
31 - Couronnes multiples autour d'oxydes	92

	Page
22 - Sphene coronas around oxide	88
23 - Biotite coronas around oxide	88
24 - Garnet coronas around oxide	89
25 - Garnet coronas around hypersthene	89
26 - Garnet coronas around hornblende	90
27 - Hypersthene coronas around hornblende	90
28 - Hypersthene coronas around garnet	91
29 - Oxide coronas around hypersthene	91
30 - Oxide coronas around garnet	92
31 - Multiple coronas around oxide	92

INTRODUCTION

La région de Rolland - Cousineau - Legendre est située dans le parc du Mont-Tremblant; elle fut cartographiée durant les étés de 1963 et 1964. Elle appartient aux hautes terres Laurentiennes du Bouclier Précambrien et elle recouvre un complexe de gneiss et de granulites du groupe de Grenville; ce dernier est recoupé d'intrusions appartenant à la série de Morin.

Localisation et accès

La région est limitée par les latitudes 46°15' et 46°45' (nord) et par les longitudes 74°15' et 74°30' (ouest). Une région sise entre les longitudes 74°30' et 74°35' fut également cartographiée et ce jusqu'à la latitude 46°30'.

Quoiqu'il n'y ait pas de village dans les limites de la région, sa localisation dans le populaire parc touristique du Mont-Tremblant la rend facilement accessible. On peut accéder à la région à partir de l'est via St-Donat ou St-Michel-des-Saints et St-Guillaume-Nord et par le sud via Lac Supérieur et Mont-Tremblant. De l'ouest, on a accès à la région à partir de La Macaza. La majeure partie de la région est traversée par des chemins de terre et ceux du parc, et seule l'extrémité nord-ouest de la région est relativement

INTRODUCTION

The Rolland - Cousineau - Legendre area located in Mont-Tremblant Park was mapped in the summers of 1963 and 1964. This area lies in the Laurentian uplands of the Precambrian shield and is underlain by a complex of gneisses and granulites of the Grenville Group intruded by the rocks of the Morin Series.

Location and Access

The area is bounded by latitudes 46°15' and 46°45' and longitudes 74°15' and 74°30'. An additional area between longitudes 74°30' and 74°35' was mapped as far as latitude 46°30'.

Although there are no settlements in the confines of the area, its location in Mont-Tremblant Park, a popular tourist attraction, makes it readily accessible. The area can be reached from the east by way of St-Donat or St-Michel-des-Saints and St-Guillaume-Nord and from the south by way of Lac Supérieur and Mont-Tremblant. From the west the area is accessible from La Macaza. Park and logging roads traverses most of the area and only a small corner in the extreme northwest is relatively inaccessible. This region can be reached by float plane

inaccessible. On peut également pénétrer dans la région en utilisant des hydravions à partir du lac Mosquic ou du lac Chavoy.

Travaux sur le terrain

Les travaux sur le terrain furent effectués à l'aide de cartes de base à une échelle de ½ mille au pouce qui furent agrandies à partir des feuilles topographiques à l'échelle de 1:50,000 et avec des photos aériennes. On effectua des cheminements au compte-pas et à la boussole à tous les demi-milles; ces derniers recoupaient l'orientation régionale. Des régions de topographie accidentée contenaient de nombreux affleurements quoique par endroits, la couverture végétale était si épaisse que les bons affleurements étaient rares. Dans les basses terres, en particulier dans la partie nord de la carte, les affleurements étaient mal exposés.

Remerciements

Les études en laboratoire qui faisaient suite aux travaux sur le terrain furent effectuées à l'Université de Toronto. Elles avaient pour but la préparation d'une thèse de doctorat dirigée par le professeur W.W. Moorehouse.

Au cours de l'été 1963, le personnel du terrain se composait de P. Frenette, B.Sc. de l'Université de Montréal qui agissait comme assistant senior et des étudiants R. Vallée de l'Ecole Polytechnique, R. Kendon de l'Université McGill et R. Gagnon de l'Université Laval. A la fin de la saison, J. Cnagnon, chef d'équipe et étudiant à l'Université McGill et son assistant R. Maranda, de l'Université

from Mosquic lake or Chavoy lake.

Field Work

The field work was carried out by the use of base maps on a scale of 1 inch to ½ mile, enlarged from the standard 1:50,000 topographic map sheet, and by aerial photographs. Pace and compass traverses were made every ½ mile across the regional trend. Areas of rugged topography contained abundant outcrops, although in places, the forest cover was so thick that good exposures were rare. In low land areas, especially in the northern part of the map sheet, outcrops were not well exposed.

Acknowledgements

The laboratory studies of the field data were made at the University of Toronto for preparation of a Ph.D. thesis under the direction of Prof. W.W. Moorehouse.

Field personal during the 1963 season included P. Frenette, B.Sc., University of Montréal as senior assistant and student assistants R. Vallée of Ecole Polytechnic, R. Kendon of McGill University and R. Gagnon of Laval University. In the latter part of the season J. Chagnon, party chief from McGill University and student assistant R. Maranda of Laval University assisted the party for a few weeks. J. Morin and R. Simard of St-

Laval ont assisté l'équipe pour quelques semaines. J. Morin et R. Simard de St-Donat furent engagés comme hommes d'équipe et P. Turpin de Ste-Agathe-des-Monts agissait comme cuisinier.

Pendant la saison 1964, L. Gonzales, du Vénézuela, qui était étudiant gradué de l'Université de Toronto, agissait comme assistant senior. G. Rioux de l'Université Laval et G. Robert de l'Université de Montréal étaient assistants junior. J.M. Dessurault et P. Gravel travaillaient comme hommes d'équipe tandis que A. Beaulieu de St-Michel-des-Saints était cuisinier.

Nous avons apprécié l'assistance diligente du personnel du parc du Mont-Tremblant. Nous sommes très reconnaissants pour les informations fournies par la Compagnie Internationale de Papier, la Consolidated Paper Co. et l'Association pour la Protection de la Forêt du Saint-Maurice Ltée. Nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont permis l'utilisation de chalets privés aux lacs St-Louis, Armand et Cinq Doigts .

St-Donat served as packers and P. Turpin of Ste-Agathe-des-Monts was cook.

During the 1964 season L. Gonzales from Venezuela, graduate student at the University of Toronto was senior assistant. G. Rioux of Laval University and G. Robert of the University of Montréal were student assistants. J.M. Dessurault and P. Gravel of St-Michel-des-Saints were packers and A. Beaulieu of St-Michel-des-Saints was cook.

The kind assistance in the field by the staff of Mont-Tremblant Park is appreciated. The information supplied by the Canadian International Paper Co., the Consolidated Paper Co. and the St. Maurice Forest Protection Association Ltd. is also greatfully acknowledged. Numerous other individuals are thanked for the use of the facilities of private camps on St-Louis lake, Armand lake and Cinq Doigts lake.

Travaux antérieurs

La région faisant l'objet de cette étude fut partiellement cartographiée par Adams en 1896 tandis que les régions adjacentes furent étudiées par Logan (1863), Ells (1898), Osborne (1935, 1936c), Rose (1960) et Duesing (1962). Wynne-Edwards et al (1966) a inclus toute la région étudiée dans son projet de cartographie du Grenville de la région de Mont-Laurier et du lac Kempt.

Previous Work

The area under consideration was partially mapped by Adams (1896). The adjacent areas were studied by Logan (1863), Ells (1898), Osborne (1935,1936c), Rose (1960) and Duesing (1962). Wynne-Edwards et al (1966) included the whole map area in his regional Grenville project of the Mont-Laurier and Kempt lake map areas.

GEOMORPHOLOGIE

Une étude géomorphologique a été complétée dans cette région et celles avoisinantes; ces travaux furent effectués par Osborne (1935, 1936c) et par Laverdière et Courtemanche (1959, 1961, 1965). Les études d'Osborne (1936c) suggèrent que la région étudiée est un plateau disséqué. Cependant, Laverdière et Courtemanche (1930) n'ont trouvé aucune évidence de ceci, et l'inégalité du relief est attribuée à une "tectonique gondolante".

Il semble évident que la région étudiée occupe le flanc nord d'une zone de haute terre constituée par les monadnocks des anorthosites du Mont-Tremblant et du massif de Morin. La lithologie ainsi que la structure jouent un rôle majeur par le contrôle qu'ils exercent sur le développement du relief. Les régions surplombent le niveau général, recouvrent généralement des membres résistants de la série granulitique de Morin, tandis que les roches du groupe de Grenville sont généralement sous-jacentes à des vallées et des basses terres. Une des caractéristiques topographiques intéressantes, apparemment contrôlée par une structure du socle, est la forme annulaire du lac Bouchette. D'autres traits physiographiques intéressants sont indiqués sur la figure 1.

Drainage

La région peut être divisée en trois systèmes de drainage:

1- La Diable est la plus grande rivière de la région et elle draine les parties sud-ouest et centrale . C'est le principal affluent de la rivière Rouge qui se décharge dans la rivière des Outaouais.

GEOMORPHOLOGY

This and the surrounding areas have been studied in some detail from a geomorphological aspect by Osborne (1935, 1936c) and by Laverdière and Courtemanche (1959, 1961, 1965). According to Osborne (1936c), the area can be considered to be a dissected plateau. Laverdière and Courtemanche (1959) find no evidence of this and the uneveness of the relief is attributed to a "warping tectonics".

There is no question that the area stands on the northern flank of a highland area consisting of the Mont-Tremblant and Morin anorthosite monadnocks. The bedrock lithology and structure plays a major role in controlling the development of the relief. Areas that stand above the general level are usually underlain by resistant members of the granulites or Morin Series, while the rocks of the Grenville Group usually underly valleys and lowlands. An interesting topographical feature apparently controlled by bedrock structure is the annular-shaped Bouchette lake. Some of the more interesting physiographic features are shown in Fig. 1.

Drainage

The map area can be divided into three drainage systems:

1- Diable is the largest river in the map area and drains most of the southwestern and central parts. It is the chief tributary of the Rouge river which empties into the Ottawa river.

2- Le système du ruisseau de Pimbina et le lac Archambault drainent la majeure partie du coin est-sud-est de la région via la rivière Ouareau qui se déverse dans le Saint-Laurent.

3- La rivière Matawin Ouest draine la partie nord de la région par la voie de la rivière Saint-Maurice qui se déverse dans le Saint-Laurent.

La rivière du Diable a sa source au lac en Croix et coule au sud ouest dans une vallée subséquente avec une faible pente vers le lac Escalier. Quand la rivière atteint les roches plus résistantes de la série de Morin, au sud du lac Escalier, la vallée devient transverse et la trajectoire du cours d'eau oblique dans une direction sud, recoupant les intrusifs de Morin orientés est-ouest. La pente devient une ligne brisée caractérisée par une série de ruptures qui se traduisent par des rapides et des chutes (chute du Diable et chutes Croches). Quand la rivière recoupe ce membre plus résistant et entre dans la vallée en amont du lac Monroe, la pente s'adoucit et la vallée est de nouveau subséquente.

Le système du ruisseau de Pimbina se compose d'une série de lacs et se situe dans une vallée subséquente parallèle à la structure régionale. La dépression de la chute aux Rats n'est pas reliée à une différence dans la résistance des roches et peut être un cours d'eau suspendu de la vallée glaciaire en U, alimenté par les lacs Lajoie et de Pimbina.

La rivière Matawin Ouest qui coule vers le sud possède une vallée subséquente sur presque tout son parcours. Lorsqu'elle recoupe la structure régionale (au sud du lac Legendre)

2- Pimbina brook system and Archambault lake drain most of the southeast-eastern part of the area by way of the Ouareau river which empties into the Saint-Laurent.

3- Matawin Ouest river drains the northern portion of the map area by way of the St-Maurice river which flows into the Saint-Laurent.

Diable river has its headwaters at Croix lake and flows southwestward in a subsequent valley with a gentle gradient into Escalier lake. When the river reaches the more resistant rocks of the Morin Series south of Escalier lake the valley becomes transverse and the course of the stream shifts to a southward direction cutting across the east-west trending Morin Series intrusives. The gradient becomes interrupted and is marked by a series of nickpoints, which are expressed as rapids and waterfalls (chute du Diable and chute Croches). When the river passes through this more resistant member and enters the valley above Monroe lake the gradient becomes more gentle and the valley is again subsequent.

The Pimbina brook system is made up of a series of lakes and is located in a subsequent valley parallel to the regional structure. The waterfalls at chute aux Rats is not related to differences in rock resistance and may be a hanging tributary to the glacially scoured 'U' shaped valley filled by Lajoie lake and Pimbina lake.

The southward flowing Matawin Ouest river has a subsequent valley through most of its length. Where it cuts across the regional structure south of Legandre lake the river is marked by

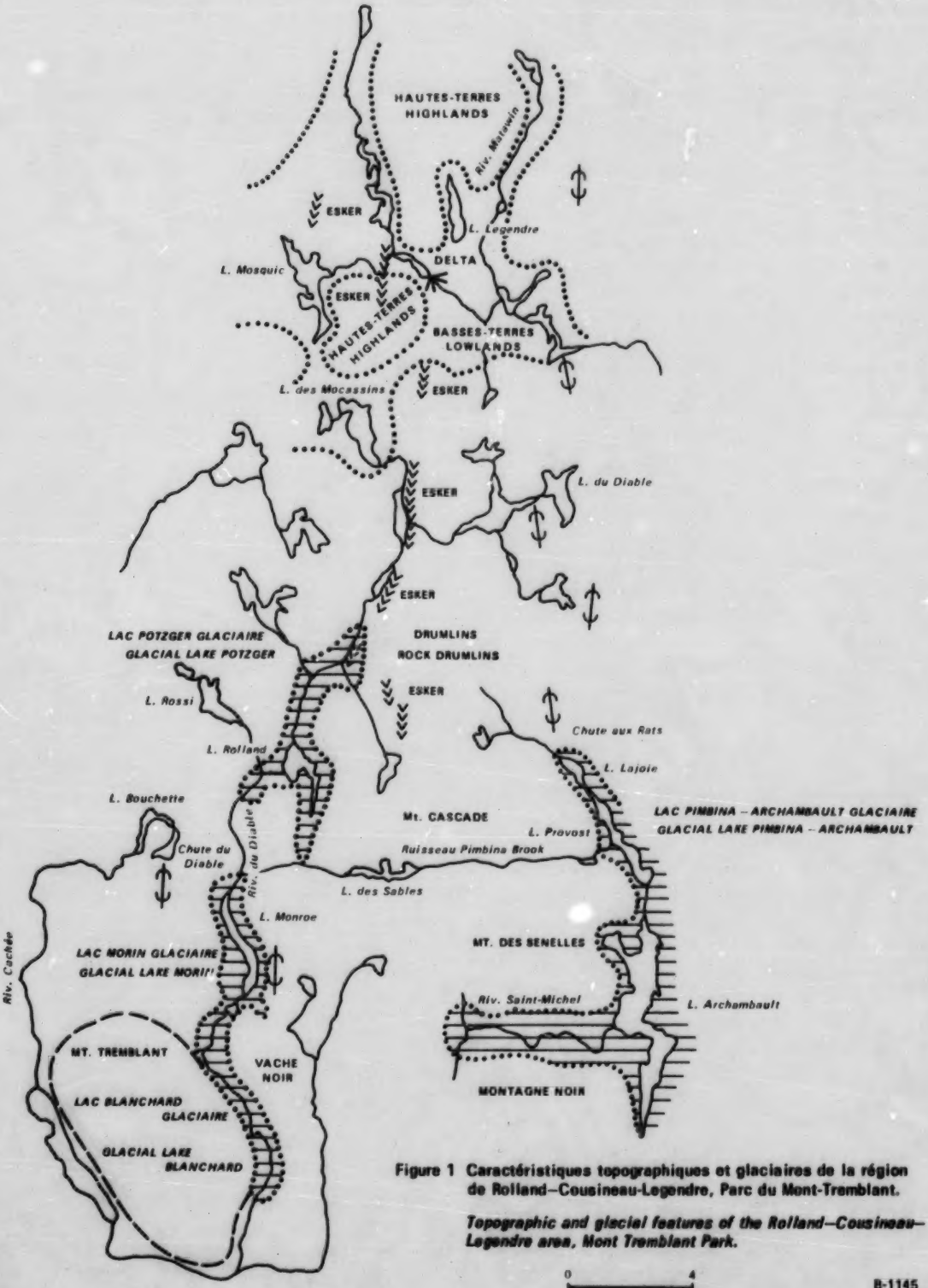


Figure 1 Caractéristiques topographiques et glaciaires de la région de Rolland–Cousineau-Legendre, Parc du Mont-Tremblant.

Topographic and glacial features of the Rolland–Cousineau–Legendre area, Mont Tremblant Park.

B-1145

la rivière est caractérisée par quelques inflexions à angle droit.

Topographie

La glaciation a grandement modifié la région. L'érosion a été contrôlée par la lithologie et la structure, l'orientation régionale nord-est en a été intensifiée. Les membres résistants ont été modelés et les roches plus molles et susceptibles d'être érodées ont été broyées et empilées. Des membres à lithologie et à structure favorables surplombent le niveau moyen généralement atteint par des hauteurs de 2,000 à 2,500 pieds avec un relief local d'environ 1,000 pieds. Le Mont Tremblant a une élévation de 3,400 pieds, le point le plus haut dans cette partie des Laurentides.

Glaciation

Courtemanche et Laverdière (1959, 1961, 1965) ont publié plusieurs articles sur la géomorphologie glaciaire du parc du Mont-Tremblant. Ils n'ont pas fait le lien entre la géomorphologie, la lithologie et la structure. Cependant, cette sérieuse limitation n'amoindrit pas la valeur de leurs observations générales.

Erosion glaciaire

Des évidences d'érosion glaciaire se manifestent à divers niveaux sur des affleurements. De fines stries, des surfaces polies et des cannelures se dénotent dans les granulites denses à grain fin; des gouges en demi-lune sont également présentes. Toutes ces caractéristiques se retrouvent le long de la route du lac Bess et indiquent un mouvement glaciaire vers le sud-est.

some right angle inflections.

Topography

The topography of the area has been greatly modified by glaciation. The erosion has been controlled by the lithology and structure and the northeast regional trend has been enhanced. The resistant members have been sculptured and the relatively weak, erodable rocks have been grouped and quarried. Favourable lithological and structural members stand out above the general level commonly attain heights of 2,000 to 2,500 feet with local relief as much as 1,000 feet. Mont-Tremblant has an elevation of 3,400 feet, the highest point in this part of the Laurentians.

Glaciation

Courtemanche and Laverdière (1959, 1961 and 1965) have devoted several papers to the geomorphology of Mont-Tremblant Park. They did not relate the geomorphology to the bedrock lithology and structure. However, this serious limitation does not detract from their general observations.

Glacial Erosion

Evidence in outcrop for glacial erosion is developed in varying degrees. Fine striations, polished surfaces and grooves are found in the dense fine-grained granulites and crescentic gouges are also common. All these features are found along the Bess lake road and indicate glacial movement just east of south.

A l'échelle régionale, un examen des cartes topographiques montre plusieurs surfaces d'empilement qui sont exprimées par des roches moutonnées ou par une topographie "lee and stoss". La pente nord est faible comparée à la face abrupte à l'abri du vent (du côté sud) et un exemple de ceci peut être observé au mont des Canelles. Des formes glaciaires, en particulier des drumlins, sont communes le long de la vallée du ruisseau Plat.

On a regional scale, an examination of topographical maps shows many quarried surfaces which are expressed as "roches moutonnées" or lee and stoss topography. The northward facing slope is gentle compared to the steep lee-side facing south and an example of this is seen at mont des Canelles. Streamlined molded forms, especially drumlin-like hills are common along the Plat brook valley.

Flint (1951) a suggéré que certaines régions de hautes terres pouvaient retenir des glaciers de montagne après que la partie inférieure continentale se fut retirée. Parmi ces hautes terres, Flint mentionne les régions de l'anorthosite de Morin et du Mont-Tremblant. La partie sud de la région laisse voir beaucoup d'évidences de la glaciation alpine ci-haut postulée. On peut apercevoir des vallées en U bordées de falaises à nombreuses facettes le long de la portion nord de la rivière Matawin Ouest. Un cours d'eau suspendu a été observé à la chute aux Rats, juste au-dessus de la vallée de la rivière Pimbina. La vallée de la rivière Saint-Michel montre une évidence d'éperons tronqués le long du côté sud tandis que la montagne Noire laisse voir des vallées suspendues, des cirques, des lacs de cirque (tarn) et des arêtes.

Flint (1951) has suggested that certain highland areas would retain mountain glaciers after the continental sheet withdrew. Among these highlands, Flint mentions the Morin anorthosite and Mount-Tremblant areas. Evidence of this postulated alpine glaciation are especially common in the southern part of the area. Glaciated 'U'-shaped valleys bordered by faceted cliffs are seen along the northern portion of the Matawin Ouest river. A hanging tributary is noted at chute aux Rats just above the Pimbina river valley. The valley of the St-Michel river show evidence of truncated spurs along the southern side and montagne Noir has hanging valleys, cirques, tarns and aretes.

Dépôts glaciaires

Du till glaciaire ainsi que des blocs se retrouvent partout dans cette région, même sur le toit des plus hautes collines. Une moraine stratifiée d'origine glacio-lacustre se présente également le long des vallées de toutes les rivières majeures. Des sables varvés et des lits d'argile, souvent écrasés

Glacial deposits

Glacial till and boulders are found everywhere in the area and even on top of the highest hills. Stratified drift of glacio-lacustrine origin also occurs along the valleys of all the major rivers. Varved sands and clay beds, often crumpled and contorted are noted and reflect the glacial lakes that once occupied

et tordus ont été dénotés; ils reflétant des lacs glaciaires qui ont autrefois occupé les vallées. Laverdière et Courtemanche (1965) ont identifié trois lacs glaciaires le long de la vallée de la rivière du Diable (figure 1). La partie de la rivière du Diable située au sud du lac Monroe était autrefois occupée par un lac glaciaire, soit le lac Blanchard. Sur la rive est du lac Monroe, des parcelles d'argiles varvées restent accrochées à une falaise laquelle est polie et modelée par l'action des vagues du lac Morin qui est le lac glaciaire ayant rempli cette vallée. Dans la région du lac Escalier, la vallée de la rivière du Diable était occupée par un lac glaciaire, soit le lac Potzger. Un autre lac d'origine glaciaire a probablement déjà rempli le ruisseau du Pimbina, le lac Archambault et la vallée de la rivière Saint-Michel. Des dépôts deltaïques illustrant des lits frontaux et sommitaux se manifestent à l'embouchure du lac Odelin apparemment érigé dans un lac glaciaire lequel occupait les basses terres du Sud-Est et du Sud-Ouest.

these valleys. Laverdière and Courtemanche (1965) have recognized three glacial lakes along the valley of the Diable river (Fig. 1). The Diable river below Monroe lake, was occupied by glacial Lake Blanchard. On the east shore of Monroe lake patches of varved clays still cling to a cliff which is polished and worn by wave action of glacial Morin lake that filled this valley. The valley of Diable river in the Escalier lake area was occupied by glacial Lake Potzger. Another glacial lake probably once filled the Pimbina brook, Archambault lake and St-Michel river valley. Delta deposits displaying well defined foreset and topset beds are noted at the mouth of Odelin lake apparently built into a glacial lake which occupied the lowlands to the southeast and southwest.

Des terrasses de kames se retrouvent sur le Mont-Tremblant, à une altitude de 2,200 pieds. Un esker exceptionnel orienté nord-sud et à configuration disloquée apparaît sur la carte topographique et s'étend du ruisseau en Escalier vers le sud, presque jusqu'au lac des Sables.

Kame terraces have been recognized on mont Tremblant at the 2,200 foot elevation (Osborne, 1963c, p. 60). A conspicuous north-south trending disjointed esker is seen on the topographical map and extends from Escalier brook south almost to Sables lake.

POPULATION ET RESSOURCES

On retrouve des fermes marginales dispersées dans la partie est de la région, à l'embouchure de la rivière Saint-Michel sur le côté ouest du lac Archambault, sur le côté nord de ce même lac et à l'ouest du lac Provost.

POPULATION AND RESOURCES

Scattered marginal farms are found at the east side of the area, at the mouth of the Saint-Michel river on the west side of Archambault lake, on the north side of the same lake and on the west side of Provost lake.

L'industrie forestière est importante et on peut remarquer plusieurs camps et dépôts à travers toute la région. Les camps les plus importants sont situés au nord du lac Lajoie, à l'ouest du mont des Cascades et à l'extrémité nord de la rivière Matawin Ouest.

Lumbering is an important industry of the area and camps and depots are found throughout the area. The larger camps are found north of Lajoie lake, west of mont des Cascades and at the northern part of the Matawin Ouest river.

L'industrie la plus importante et la plus vaste est celle du Parc du Mont-Tremblant qui attire des milliers de touristes chaque été grâce à tous les sports que l'on peut facilement y pratiquer et aux bonnes conditions de pêche. Les bureaux administratifs sont situés au lac Monroe. Sur de nombreux lacs,on retrouve plusieurs clubs de pêche privés.

The largest and most important industry is Mont-Tremblant Park which attracts many thousand of tourists each summer for the excellent summer sport and fishing facilities. The administrative offices are located at Monroe lake. Many private fishing clubs are also noted on many of the lakes.

Parce que le parc est une réserve de chasse, une grande variété d'animaux y trouvent un refuge. Des ours noirs, des orignaux, des chevreuils, des loups et des lynx sont les variétés les plus communes; parmi les animaux de petite taille, les plus nombreux sont les castors, les rats musqués, les renards, les chats sauvages et les visons.

Because the park is a game reserve a variety of animals find safe refuge there. Black bear, moose, deer, wolf and lynx are common and among the smaller animals beavers, muskrat, fox, racoon and mink are numerous.

NOMENCLATURE DES ROCHES

Le manque d'entente concernant la terminologie des roches hautement métamorphisées est apparent dans la littérature. La nomenclature de ces roches est revisée avec les définitions suivantes. Les désignations descriptives l'emporteront sur celles qui ont des implications génétiques.

NOMENCLATURE OF ROCKS

The lack of agreement concerning the terminology of highgrade metamorphic rocks is apparent in the literature. The nomenclature of these rocks is reviewed with the following definitions. Descriptive designations will be preferred over ones with genetic implications.

Gneiss

"C'est une roche métamorphique montrant une foliation grossière ou médiocre (généralement riche en quartz et en feldspath), dont la composition

Gneiss

"A roughly or poorly foliated metamorphic rock (commonly quartz and feldspar-rich), the approximate composition of which is generally indicated by

approximative est généralement indiquée par des termes pétrographiques, minéralogiques, ou pétrogénétiques appropriés." (Sorenson, 1960, p. 60).

suitable petrographic, mineralogic, or even petrogenic modifying terms". (Sorenson, 1960, p. 60).

Granofels

Ce sont des roches métamorphiques qui ne démontrent aucune foliation apparente et qui se composent d'une mozaïque équigranulaire ou granoblastique de minéraux (Goldsmith, 1959) (originairement réservé par Goldsmith pour les roches quartzofeldspathiques).

Ce nom est préféré au terme "granulite" tel que défini par Harker (1939, p. 246). Des modificatifs sont ajoutés quand la roche montre une composition pétrographique ou minéralogique significative (e.g. granofels à biotite).

Granofels

Metamorphic rocks that display no apparent foliation and are composed of an equigranular or granoblastic mosaic of minerals (Goldsmith, 1959) (originally reserved for quartzofeldspathic rocks by Goldsmith).

This name is preferred to the term "granulite" as defined by Harker (1939, p. 246). Modifiers are added when the rock displays a significant petrographical or mineralogical composition (e.g. biotite granofels).

Roches monominéraliques

La terminologie standard sera utilisée pour décrire les roches ne contenant qu'un seul minéral (e.g. quartzites et marbres). Des roches riches en silicates calcareux seront identifiées comme des "tactites" de préférence à des "skarns" (Moorhouse, 1959, p. 429). Si la roche contient d'autres minéraux distincts ou significatifs, ces minéraux seront ajoutés comme suffixe (e.g. quartzite à hypersthène).

Monomineralic Rocks

The standard terminology will be used in describing rocks containing essentially one mineral (e.g. quartzites and marbles). Rocks rich in lime silicates will be termed tactites in preference to skarns (Moorhouse, 1959, p. 429) If the rocks contain other distinctive or significant minerals, these minerals will be added as a prefix (e.g. hypersthene quartzite).

Roches riches en pyroxène, en hornblende et en plagioclase

La classification des roches contenant de la hornblende et/ou du pyroxène et du plagioclase en proportions variées est définie schématiquement plus loin (fig. 2) (Berthelsen, 1960, p. 19-21). Les roches contenant essentiellement de la hornblende et du

Rocks rich in Pyroxene, Hornblende and Plagioclase

The classification of rocks containing varying proportions of hornblende and/or pyroxene, and plagioclase is schematically outlined below (Fig. 2), (Berthelsen, 1960, p. 19-21). Rocks containing essentially hornblende and plagioclase are termed 'amphibolites'.

plagioclase sont appelées "amphibolites". Ces dernières passent à des amphibolites à pyroxène, des pyriclasites à hornblende et finalement à des pyriclastes avec une augmentation en pyroxène et une diminution dans le contenu de hornblende. Les roches contenant des quantités égales de hornblende et de pyroxène sont appelées pyribolites. D'autres minéraux distincts ou significatifs peuvent s'ajouter comme suffixes (e.g. pyriclasite à grenat).

These grade into pyroxene amphibolites, hornblende pyriclasites and finally pyriclastes with increasing pyroxene and decreasing hornblende content. Rocks containing equal amount of hornblende and pyroxene are conveniently termed pyribolites. Other distinctive or significant minerals may be added as prefixes (e.g. garnet pyriclasite).

Granulite

Un gneiss à grain fin, quartzofeldspathique et contenant souvent du grenat ou du pyroxène, avec peu ou pas de hornblende et de mica, dans lequel on retrouve du quartz aplati en lentilles orientées parallèlement à la foliation.

Granulite

A fine-grained, quartzofeldspathic, often garnet- or pyroxene-bearing gneiss, with little or no hornblende and mica, in which quartz occurs in flattened lenticles oriented parallel to the foliation.

Des modificatifs pétrographiques et minéralogiques s'y ajoutent ordinairement. (e.g. granulite charnockitique).

Petrographical or mineralogical modifiers are usually added (e.g. charnockitic granulite).

Roches de la série des granulites et de la série de Morin

Les granulites et plusieurs roches de la série de Morin peuvent être classifiées comme appartenant à la série anorthosite-charnockite. Des roches d'affinité anorthositique furent classifiées par Hødal (1945, p. 139) (Figure 3) tandis que la nomenclature des charnockites a récemment été revisée par Subramanian (1959, p. 328-329). Largement en accord avec les vues de ces derniers, l'auteur a adopté la nomenclature suivante:

Rocks of the Granulite and Morin Series

The granulites and many of the rocks of the Morin Series may be classified as belonging to the anorthosite-charnockite series. Rocks of the anorthosite kindred have been classified by Hødal (1945, p. 139) (Fig. 3) and the nomenclature of the charnockites has been recently revised by Subramanian (1959, p. 328-329). Largely in accordance with their views the author has adopted the following nomenclature:

Alaskite - Une roche quartzo-feldspathique ne contenant pas semble-t-il de minéraux ferromagnésiens (moins de 5%). Le feldspath dominant est une microperthite.

Alaskite - A quartz-feldspar rock, with virtually no ferro-magnesian minerals (less than 5%). The dominant feldspar is a microperthite.

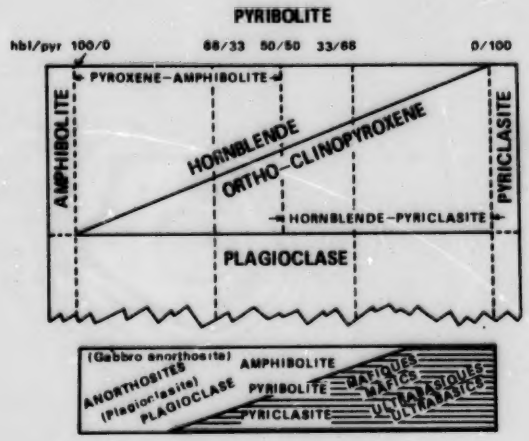


Figure 2 Diagramme montrant la variation possible dans la composition minéralogique des pyribolites et des pyriclasites (Berthelsen, 1960 p. 120).

Diagram showing the possible variation in mineral composition of pyribolite and pyriclastic rocks (Berthelsen, 1960 p. 120).

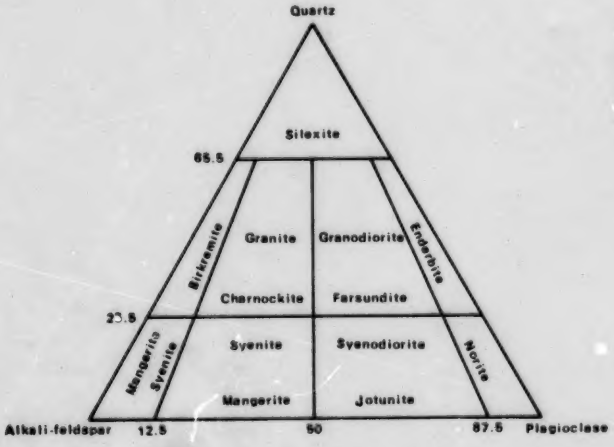


Figure 3 Classification d'Hødal se rapportant aux roches de type anorthositique (Hødal, 1945 p. 139).

Hødal's classification of the rocks of the anorthosite kindred (Hødal, 1945 p. 139).

Charnockite - Une roche à quartz, feldspath et hypersthène avec de la microperthite comme feldspath dominant. On considère le terme "charnockite" comme un synonyme de "birkrémite".

Enderbite - Une roche à quartz, feldspath et hypersthène dans laquelle le feldspath essentiel est une antiperthite. "Enderbite" est équivalent à "farsundite" et à quelques "jotunites" riches en quartz.

Mangérite quartzifère - Une roche à quartz, feldspath et hypersthène dans laquelle de la microperthite est habituellement en excès sur ou égale à l'antiperthite.

Des alaskites passent en des charnockites par une augmentation du contenu en hypersthène. A mesure que la quantité d'antiperthite augmente en fonction de la microperthite, des charnockites et des mangérites quartzifères passent graduellement en des enderbites.

Gneiss inéquigranulaires et gneiss oeillés

Les roches montrant des yeux alignés, habituellement de feldspath, dans une matrice gneissique à grain plus fin, se qualifient généralement comme inéquigranulaires, discontinues, ou gneiss oeillés. Les yeux peuvent être des phénocristaux, des porphyroblastes ou des porphyroclastes lesquels sont souvent difficiles à distinguer les uns des autres. Le terme "gneiss oeillés" est ordinairement descriptif et non génétique. Cependant si des évidences indiquent une origine génétique, les subdivisions suivantes sont suggérées.

Charnockite - A quartz-feldspar-hypersthene rock with microperthite as the dominant feldspar. The term "charnokite" is considered to be synonyme with "birkremite".

Enderbite - A quartz-feldspar-hypersthene rock, in which antiperthite is the essential feldspar. "Enderbite" is equivalent to "farsundite" and some quartz-rich "jotunites".

Quartz Mangerite - A quartz-feldspar-hypersthene rock in which microperthite is usually in excess of or equal to antiperthite.

Alaskites pass into charnockites with increasing hypersthene content. As the amount of antiperthite increase in relation to the microperthite, charnockites and quartz mangerites grade into enderbites.

Inequigranular Gneisses and Augen Gneisses

Rocks displaying prominent aligned augen, usually of feldspar, in a finer grained gneissose matrix, are generally termed inequigranular, discontinuous, or augen gneiss. The augen may be phenocrysts, porphyroblasts or porphyroclasts, which are often difficult to distinguish from each other. The term augen gneiss is usually descriptive and non-genetic. If evidence indicates a genetic origin the following subdivisions are suggested.

Roches porphyriques - Des roches contenant de larges phénocristaux euhédraux de feldspath. Souvent les phénocristaux s'alignent, produisant ainsi une faible foliation ou une structure d'écoulement, et peuvent alors se nommer "gneiss porphyriques fluides".

Porphyritic Rocks -Rocks containing rather large euhedral phenocrysts of feldspar. Often the phenocrysts are aligned, to produce a weak foliation, or flow structure and may be termed "fluxion porphyritic gneisses".

Roches porphyroblastiques - Des roches contenant des porphyroblastes de feldspath qui se développent le long des plans de foliation des gneiss et des roches plutoniques. Dans le but de distinguer cette structure inéquigranulaire des autres, ces roches s'appelleront "gneiss porphyroblastiques". Quand les porphyroblastes sont superposés sur une matrice mylonitique, le terme "mylonite blastique" sera utilisé.

Porphyroblastic Rocks - Rocks containing porphyroblasts of feldspar found developed along the foliation planes of gneisses and plutonic rocks. In order to distinguish this inequigranular structure from the others, these rocks will be called "porphyroblastic gneisses". When the porphyroblasts are superimposed on a mylonitic matrix the term "blast-mylonite" will be used.

Roches porphyroclastiques - Des roches contenant des reliques de porphyroclastes de feldspath dans une matrice gneissique. Des évidences structurales macroscopiques indiquent une déformation intense dans ces roches porphyroclastiques et l'on postule que des grains dans un état de non-contrainte ont dû être recristallisés.

Porphyroclastic Rocks - Rocks containing relict porphyroclasts of feldspar in a gneissose matrix. Macroscopic structural evidence indicates severe deformation in these porphyroclastic rocks and it is postulated that grains in an unstrained state must have been recrystallized.

Déformation et recristallisation

L'utilisation du terme "déformé" sera restreint à des grains montrant des signes de déformation mécanique. Le terme "recristallisé" sera utilisé pour des grains montrant peu ou pas de traces de déformation mécanique, sans implication, à savoir si ces grains recristallisés se sont formés par recuite ou par recristallisation syntectonique.

Deformation and Recrystallization

The use of the term, "deformed", will be restricted to grains showing signs of mechanical deformation and the term "recrystallized" will be used for grains showing few or no traces of mechanical deformation, without implications whether these recrystallized grains have been formed by annealling or syntectonic recrystallization.

L'intensité de la déformation et de la recristallisation sont utilisées comme suffixes au nom de la roche. Les types de texture sont délimités de façon schématique à la figure 4, et sont basés sur les définitions telles que fournies par Buddington (1939, p. 251-256) et Tyrrell (1926, p. 281-288). Si la structure est évidente à l'échelle mégascopique, les roches se nomment, par exemple, gneiss oeillés de mangérite quartzifère. Dans les granulites, la structure n'est observable qu'au microscope, donc le modificatif "micro" s'y ajoute (e.g. gneiss micro-oeillé de granulite charnockitique).

The intensity of the deformation and recrystallization are used as structural suffixes to the rock name. The types of textures are schematically outlined in Fig. 4, and are based on the definitions as given by Buddington (1939, p. 251-256), and Tyrrell (1926, p. 281-288). If the structure is evident on a megascopic scale the rocks are termed, for example, quartz augen gneisses. In the granulites, the structure is only observed under the microscope, so the modifier "micro" is added (e.g. charnockitic granulite micro-augen gneiss).

		Évidence de déformation *evidence of deformation*		
Évidence de recristallisation *evidence of recrystallization*		Absente *absent*	1-débutante *incipient* 2-relique *relict*	Bien développée *well developed*
	absente *absent*	primaire *primary*		mylonite *mylonite*
	débutante *incipient*		1-mortier *mortar*	
	bien développée *well developed*	grano-blastique *grano-blastic*	2-glanduleuse (lenticulaire) *flaser (phacoidal)*	oeillée *augen*

Fig. 4 - Microstructures produites par différents degrés de déformation et de recristallisation.

Microstructures produced under varying degrees of deformation and recrystallisation.

Les textures de mortier, oeillée, glanduleuse et granoblastique seront collectivement appelées des textures "cataclastiques-gneissiques" pour sous-entendre différents degrés de déformation et de recristallisation sans

The mortar, augen, flaser and granoblastic textures will be collectively termed "cataclastic gneissose" fabrics to imply varying degrees of deformation and recrystallization without microbrecciation. This usage is preferred

toutefois impliquer de microbréchification. Cet usage est préférable aux termes de texture "cataclastique" ou "mylonitique" (Tyrrell, 1926, p. 278, et Christie, 1960) lesquels suggèrent un broyage mécanique intense sans recristallisation appréciable. Toutes les roches de la région montrent, à divers degrés, des caractéristiques cataclastiques-gneissiques, en particulier les granulites et les roches de la série de Morin.

Nomenclature structurale

La structure du gneiss, principalement dans les régions de métamorphisme prononcé, fut décrite de façon détaillée; il n'y a cependant pas de convention entre les investigateurs quant à la classification et la terminologie. L'auteur utilisera l'excellente classification descriptive proposée par la Commission géologique du Groënland (Berthelsen, dans Sorensen, 1960, p. 69-71) (figure 5).

Symboles de minéraux

Pour la commodité et la brièveté du texte, les symboles suivants de minéraux seront d'une grande utilité dans la discussion de la pétrographie et de la géochimie des roches.

over the term "cataclastic" or mylonitic" fabrics (Tyrrell, 1926, p. 278, and Christie, 1960) which suggests intense mechanical crushing without appreciable recrystallization. All the rocks in the area display, in varying degrees, cataclastic-gneissose features, especially the granulites and the rocks of the Morin Series.

Structural Nomenclature

The structure of gneiss, especially in high grade metamorphism terrains, has been described in great detail, but there is no convention among investigators as to the classification and terminology. The author will use the excellent descriptive classification proposed by the Geological Survey of Groenland (Berthelsen, in Sorensen, 1960, p. 69-71) (Fig. 5).

Symbols for Minerals

For convenience and brevity the following symbols for the minerals will find their greatest use in the discussion of the petrography and geochemistry of the rocks.

Tab. 1 - Abréviations/*Abbreviations*

Ab	albite *albite*	Kfl	feldspath alcalin *alkali feldspar*
Alm	almandine *almandite*	Mi	microcline *microclin*
Am	amphibole *amphibole*	M.P.	microperthite *microperthite*
An	anorthite *anorthite*	Mt	magnétite *magnetite*
And	andratite *andratite*	Mu	muscovite *muscovite*
A.P.	antiperthite *antiperthite*	Ol	olivine *olivine*
Ap	apatite *apatite*	Olg	oligoclase *oligoclase*
Bi	biotite *biotite*	Opx	orthopyroxène *orthopyroxene*
C	corindon *corundum*	Or	orthose *orthoclase*
Cc	calcite *calcite*	Ox	oxide de fer et titane *iron titanium oxide*
Chl	chlorite *chlorite*	Phl	phlogopite *phlogopite*
Co	cordiérite *cordierite*	Pl	plagioclase *plagioclase*
Cpx	clinopyroxène *clinopyroxene*	Px	pyroxène *pyroxene*
Di	diopside *diopside*	Py	pyrope *pyrope*
En	enstatite *enstatite*	Q	quartz *quartz*
Ep	épidote *epidote*	Rt	rutile *rutile*
Gr	grenat *garnet*	Scp	scapolite *scapolite*
Grph	graphite *graphite*	Serp	serpentine *serpentine*
Grs	grossulaire *grossularite*	Sill	sillimanite *sillimanite*
Hm	hématite *hematite*	Sp	spinelles *spinel*
Ho	hornblende *hornblende*	Sph	sphène *sphene*
Hy	hypersthène *hypersthene*	Sps	spessartine *spessartite*
Il	ilménite *ilmenite*	Wo	wollastonite *wollastonite*
I.M.	ilménite-magnétite *ilmenite-magnetite*	Zr	zircon *zircon*

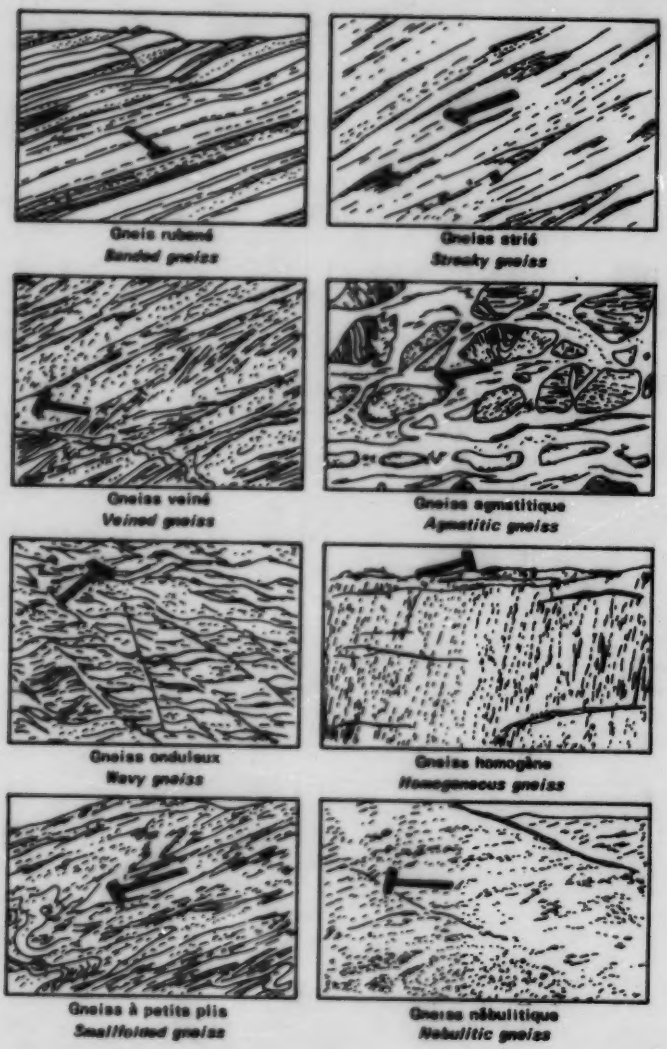


Figure 5 Classification structurale des gneiss (Bertheisen dans Sorensen 1960, p. 69-71)

Structural classification of gneisses (Bertheisen, in Sorensen 1960, p. 69-71)

Assemblages minéralogiques

On considère que les assemblages minéralogiques de toutes les roches sont caractéristiques du faciès granulite, à moins qu'il en soit déterminé autrement. Le diagramme ACFK (Figure 6) délimite les phases et assemblages stables possibles auxquels on s'attend. On reconnaît trois champs de composition majeurs (Fyfe, Turner et Verhoogen, 1958, p. 234).

1. quartzofeldspathique
2. basique (ou intermédiaire)
3. calcareux.

Ces champs sont par après subdivisés en sous-champs qui délimitent des assemblages minéralogiques spécifiques, tels que mentionnés dans la figure 6. Aussi, un assemblage constitué de quartz, de microperthite et d'hypersthène, serait de composition quartzo-feldspathique, dans le sous-champ "i" de ce champ de composition et serait reconnu comme "1.i". Les assemblages seront présentés par ordre de leurs proportions relatives. Quand deux minéraux ou plus varient quant à leur prédominance, ils seront mis entre parenthèse (e.g. hornblende - biotite) indiquant que la hornblende ou la biotite peuvent prédominer.

Mineral Assemblages

The mineral assemblages of all the rocks are considered to be characteristic of the granulite facies, unless otherwise stated. The ACFK diagram (Fig. 6) outlines the possible stable phases and assemblages expected. Three major compositional fields are recognized (Fyfe, Turner and Verhoogen, 1958, p. 234).

1. quartzofeldspathic
2. basic (or intermediate)
3. calcareous.

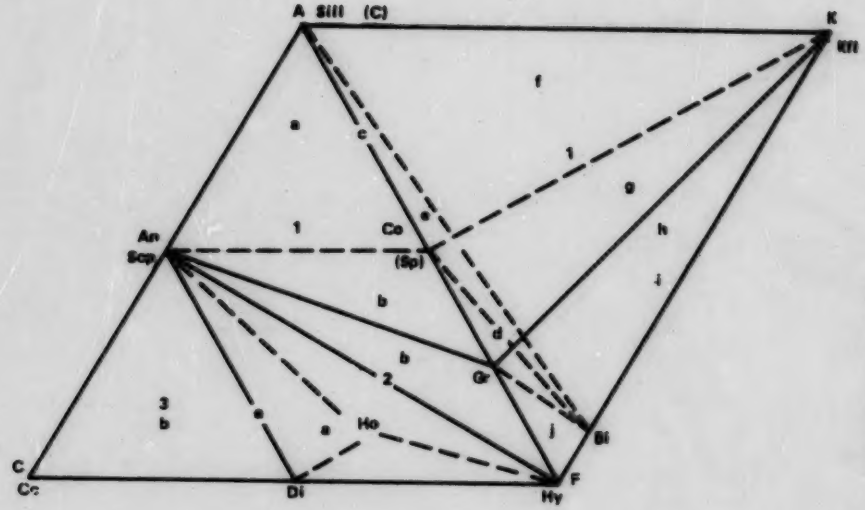
These fields are further subdivided into subfields, which outline specific mineral assemblages as given in Fig. 6. For example, an assemblage consisting of quartz, microperthite and hypersthene, would be quartzofeldspathic in composition, in subfield "i" of that compositional field and it would be recognized as "1.i". The assemblages will be presented in order of their relative proportions. When any of two or more minerals vary in their predominance, they will be bracketed (e.g. hornblende-biotite), indicates that either hornblende or biotite can predominate.

GEOLOGIE GENERALE ET RELATIONS D'AGE DES FORMATIONS

La région présentement étudiée est sise dans la portion québécoise de la province de Grenville du Bouclier Canadien. Plus précisément, sa position est dans la sous-province "A" du Grenville telle que définie par Osborne et Morin (1962, p. 119). Du point de vue structural, la région est située dans une zone de plissement serré appelée

GENERAL GEOLOGY AND AGE RELATIONSHIPS OF FORMATIONS

The area under consideration lies in the Quebec portion of the Grenville province of the Canadian Shield. More specifically, its position is in the Grenville "A" subprovince as defined by Osborne and Morin (1962, p. 119). Structurally, the area lies in a zone of tight folding termed the "Ottawa Belt" (Osborne, 1936b, p. 413). This belt is



CHAMPS
1- quartzofeldspathique et pélitique
2- basique et intermédiaire
3- calcareux

FIELDS
1- quartzofeldspathic and pelitic
2- basic and intermediate
3- calcareous

Figure 6 **Assemblages minéralogiques possibles des roches de la région du Mont-Tremblant - Excès de SiO_2. Entre parenthèses sont indiquées les phases que l'on croit être déficientes en SiO_2. Les lignes pleines indiquent des assemblages possibles du subfacies de granulite à pyroxène. Les lignes brisées indiquent des assemblages possibles du subfacies de granulite à hornblende. Les lettres minuscules (a, b, c...etc.) réfèrent à des assemblages spécifiques tel que discuté dans le texte.**

Possible mineral assemblages or rocks of Mont-Tremblant Park area - SiO_2 excess. In brackets, phases expected when SiO_2 deficient. Solid lines - possible assemblages of pyroxene granulite subfacies. Dashed lines - possible assemblages of hornblende granulite subfacies. Small case letters (a, b, c...etc.) refer to specific assemblages as discussed in the text.

"Ottawa Belt" (Osborne 1936b, 413). Cette zone est recoupée par des intrusions d'un complexe igné d'affinité anorthosite - charnockite. On croit que toutes les formations rocheuses sont d'âge précambrien.

intruded by an igneous complex of anorthosite-charnockite affinities. All the rock formations are thought to be Precambrian in age.

Tableau des Formations
Table of Formations

PLEISTOCENE ET HOLOCENE *PLEISTOCENE AND HOLOCENE*			Argile, sable, gravier, blocs *Clay, sand, gravel, boulders*
PRECAMBRIEN *PRECAMBRIAN*	Intrusifs tardifs et mylonites *Later intrusives and mylonites*		Dyke de diabase, mylonite *Diabase dike, mylonite*
	Série de Morin *Morin Series*	Pine Hill	Pegmatite et aplite *Pegmatite and aplite* Alaskite *Alaskite* Granite à hornblende et syénite *Hornblende granite and syenite* Charnockite *Charnockite*
		Buckingham	Granite à hornblende *Hornblende granite* Monzonite à quartz et à hornblende *Hornblende quartz monzonite* Mangérite quartzifère *Quartz mangerite* Enderbite *Enderbite* Gabbro et norite *Gabbro and norite* Anorthosite *Anorthosite*
	Groupe de Grenville *Grenville Group*	Association de granulite *Granulite association*	Granulite quartzofeldspathique *Quartzofeldspathic granulite* Granulite à hypersthène *Hypersthene granulite*
		Paragneiss Métasédiments et Métavolcanites *Paragneiss Meta-sediments and Meta-volcanics*	Marbre et tactite *Marble and tactite* Quartzite *Quartzite* Gneiss à grenat et sillimanite *Sillimanite and garnet gneiss* Gneiss à hornblende et biotite *Hornblende and biotite gneiss* Pyriclasite et amphibolite *Pyriclasite and amphibolite*

Groupe de Grenville

Les gneiss du groupe de Grenville sont considérés comme les roches les plus vieilles exposées dans la région. Elles sont composées de pyriclasites, d'amphiboles, de gneiss à hornblende et à biotite, de quartzites (rares), de gneiss à grenat et à sillimanite et un peu de roches calcareuses.

Les relations stratigraphiques de ces différentes unités ne sont pas claires et les grands affleurements continus sont rares. La continuité des différentes unités est obscurcie par la complexité du plissement et par la structure. Le métamorphisme poussé a effacé la plupart des structures originelles qui pourraient être utilisées comme des critères pour la succession stratigraphique. Ceci rend plus difficile la mesure de l'épaisseur véritable des unités et d'en déterminer la succession. Plusieurs événements ignés s'ajoutent aux difficultés d'établir la stratigraphie. Les roches du groupe de Grenville sont moulées par ces derniers. Les granulites, qui sont le sujet de cette thèse, sont intimement associées et interlitées avec ces gneiss en plusieurs endroits.

Là où d'importantes unités identifiables du groupe de Grenville apparaissent (e.g. lac en Croix), la succession se compose des types suivants. Il faut souligner que le manque de critères pour déterminer les sommets stratigraphiques nous rend difficile la détermination de la polarité des lits:

1- Pyriclasites et amphibolites interlitées avec des gneiss grenatifères.

Grenville Group

The gneisses of the Grenville Group are considered to be the oldest rocks exposed in the area. They are composed of pyriclasites, amphibolites, hornblende and biotite gneisses, quartzites (rare), garnet and sillimanite gneisses, and minor calcareous rocks.

The stratigraphic relationships of these different units are not clear. Large continuous exposures are rare. The continuity of the different units is obscured by the complexity of the folding and structure. The high-grade metamorphism has obliterated most original structures that might be used as criteria for stratigraphic succession. This makes it difficult to measure the true thickness of units and determine the succession. Numerous igneous events also add to the difficulties in establishing the stratigraphy. The Grenville Group rocks are molded by them. The granulites, which are the subject of this thesis, are intimately associated and interbanded with these gneisses in many places.

Where large mappable units of the Grenville occur (e.g. Croix lake) the following types are recognized in succession. It should be emphasized that the lack of criteria to determine stratigraphic tops makes it difficult to determine whether the beds are right side up.

1-Pyriclasites and amphibolites interbanded with garnetiferous gneisses.

2- Des membres quartzeux à grenat et à sillimanite interdigités avec des quartzites plus purs.

3- Gneiss à biotite riches en graphite avec des lits concordants de tactite.

Près de Shawinigan-Falls, dans la région du quasiplateau, le groupe de Grenville est divisé en un membre inférieur et un membre supérieur. Ici les pendages sont faibles et l'on assume (tel qu'interprété par Osborne, 1936a) que les lits sont en position normale. Le membre inférieur se compose principalement d'amphibolites traversées par des filons-couches et des dykes de gneiss granitiques rouges. Ceci est recouvert en discordance par le membre supérieur qui se compose de minces lits de base de quartzites impurs, passant graduellement vers le haut à des gneiss à sillimanite et à grenat qui sont à leur tour recouverts par des calcaires secondaires.

On assume par analogie que les relations stratigraphiques du groupe de Grenville, quoique établies de façon non absolue, sont similaires à celles trouvées dans la région de Shawinigan-Falls.

Pétrographie du groupe de Grenville

Paragneiss d'origine superficielle. - On considère les roches du groupe de Grenville comme des produits de métamorphisme poussé d'une séquence sédimentaire originelle. Les sédiments gréseux sont aujourd'hui représentés dans la région par des quartzites et des gneiss riches en quartz. Des gneiss à sillimanite, à biotite et à grenat, avec occasionnellement quelques horizons riches en cordiérite dérivent des sédiments argileux. Les roches ayant originairement des compositions calcareuses sont aujourd'hui des marbres et des tactites.

2- Quartzose garnet-sillimanite members interlayered with purer quartzites.

3- Biotite gneiss, rich in graphite with conformable thin beds of tactite.

At nearby Shawinigan-Falls in the "quasiplateau" area, the Grenville Group is divided into lower and upper members. Here the dips are gentle and the beds are assumed to be lying right side up as interpreted by Osborne (1936a). The lower member is composed principally of amphibolites penetrated by sills and dikes of red granite gneiss. This is overlain unconformably by the upper member of thin basal beds of impure quartzites, grading upward into sillimanite-garnet gneisses, which are in turn overlain by subordinate limestone.

The stratigraphic relationships of the Grenville Group, although not absolutely established, are assumed, by analogy, to be similar to those found in the Shawinigan-Falls area.

Petrography of the Grenville Group

Paragneiss of supracrustal Origin.- The rocks of the Grenville Group are considered to be high-grade metamorphic products of an original sedimentary sequence. Sandy sediments are now represented in the area by quartzites and quartz-rich gneisses. Sillimanite, biotite and garnet gneisses, with occasional cordierite-bearing members are derived from argillaceous sediments. Rocks with original calcareous compositions are now marbles and tactites.

Quartzites et gneiss riches en quartz.- Le tableau 2 montre trois types de quartzites et de gneiss riches en quartz.

Quartzites and Quartz-Rich Gneisses.- Three petrographic types of quartzites and quartz-rich gneisses are presented in Table 2.

Tab. 2 - Roches riches en quartz et leurs assemblages minéralogiques
Quartz-Rich Rocks and their Mineral Assemblages

Types	Assemblages minér. *Mineral Assemblages*	Sous-champs *Sub-Fields* (Fig. 6)	Remarques *Remarks*
1- Quartzites	Q		commun *common*
2- Quartzite à sillimanite, à grenat/*Sillimanite-garnet quartzites*	Q-Gr-Sill ± Kfl-Co-Rt	1.a-g	fréquent *frequent*
3- Quartzite à hypersthène et à biotite *Hypersthene and biotite quartzite*	Q-Kfl ± Hy-Bi	1.i	rare

Les quartzites se présentent souvent comme des inclusions dans les intrusifs de Morin et montrent une texture granoblastique et lobée vers l'intérieur. De fins cheveux de sagénite obscurcissent les grains de quartz. Les quartzites à grenat et à sillimanite sont de loin les plus communs dans le domaine des paragneiss et des granulites. La microstructure est granoblastique, allongée et interlobée. Tous les minéraux sont ternis par plusieurs cheveux alignés de sagénite et par des aiguilles et des prismes de sillimanite qui laissent voir parfois une structure hélicitique. Les quartzites à hypersthène et à biotite sont habituellement restreints aux inclusions de la série de Morin. Le quartz tend vers une microstructure granoblastique interlobée. Les minéraux accessoires peuvent être du rutile, du zircon, du graphite, des oxydes de fer et de titane, des sulfures, du spinelle et de l'apatite.

The quartzites are common as inclusions in the Morin intrusives and have an inlobate granoblastic fabric. Fine sagenitic hairs cloud the quartz grains. The garnet-sillimanite quartzites are by far the most common in the paragneiss and granulite domains. The microstructure is elongate interlobate granoblastic. All minerals are clouded with many aligned sagenitic hairs and sillimanite needles and prisms which may display a helicitic structure. The hypersthene- and biotite-bearing quartzites are usually restricted to the inclusions in the Morin Series. The quartz tends to have an interlobate granoblastic microstructure. Accessory minerals may include rutile, zircon, graphite, iron-titanium oxides, sulfides, spinel and apatite.

Gneiss à sillimanite, à grenat et à biotite .- On a noté les variétés suivantes lors de l'étude pétrographique et elles sont indiquées dans le tableau numéro 3. Les roches pauvres en silice du type 4 peuvent être incorporées à la figure no 6 si l'on remplace la sillimanite par du corindon et la cordiérite par du spinelle.

Les gneiss à grenat montrent une microstructure gneissique, oeillée ou glanduleuse. Les grenats sont de couleur rose pâle et se présentent sous la forme de poeciloblastes allongés. Il semble souvent que des bandes disloquées de grenat soient entièrement confinées à, et encastrées dans, du quartz. Les cristaux peuvent contenir des grains de quartz et de feldspath, de rutile, de spinelle et de sillimanite hélicitique.

La microstructure des gneiss à sillimanite est soit de micro-mortier, oeillée ou gneissique. On retrouve des aiguilles et des cheveux de sillimanite sous la forme de micro-inclusions dans tous les minéraux, tandis que les prismes sont restreints aux lamelles riches en quartz et forment des essaims et des rubans feutrés, ou des courants ondulants. De la cordiérite est habituellement présente sous la forme d'agrégats spongieux et confinée aux zones quartzeuses comme la sillimanite.

Sillimanite, Garnet and Biotite Gneisses. - The following varieties were noted in the petrographic study and are presented in Table 3. The silica deficient rocks of type 4 may be fitted into Fig. 6 if we replace sillimanite by corundum and cordierite by spinel.

The garnet gneisses display a gneissose, microaugen or flaser microstructure. The garnets are pale pink in colour and occur as elongated poikiloblasts. Disjointed bands of garnet frequently seem to be entirely confined to and embedded in quartz. The crystals may enclose grains of quartz and feldspar, rutile, spinel and helicitic sillimanite.

The microstructure of the sillimanite gneisses is either micromortar, augen or gneissose. Sillimanite needles and hairs are found as helicitic microinclusions in all minerals. The prisms are restricted to quartz-rich laminae and form felted clusters and ribbons, or undulating streams. Cordierite usually occurs as spongy aggregates confined to the quartzose zones with sillimanite.

Tab. 3 - Gneiss à sillimanite, à grenat et à biotite et leurs assemblages minéralogiques.

Sillimanite, Garnet and Biotite Gneisses and their Mineral Assemblages.

Types	Assemblages minéralogiques *Mineral Assemblages*	Sous-champs *Sub-Fields*	Remarques *Remarks*
1- Gneiss à grenat *Garnet Gneisses*	Q-M.P.-Gr ± Bi-Rt	l.h	fréquent/*frequent*
	Q-M.P.-Gr-Hy-Bi	l.j	rare/*rare*
	Q-M.P.-(Gr-Bi)	l.h	commun/*common*
	Q-M.P.-(Gr-Sill)±Bi-Rt	l.e & d	fréquent/*frequent*
2- Gneiss à sillimanite/*Sillimanite gneisses*	Q-M.P.-Sill-Co±Bi	l.e	rare/*rare*
	Q-M.P.-(Sill-Bi)	l.e-fgh	rare/*rare*
3- Gneiss à biotite *Biotite gneisses*	Q-M.P.-Bi-Gr-Co	l.d	rare/*rare*
	Q-M.P.-Bi-Co	l.e-d	rare/*rare*
	Q-M.P.-Bi-I.M.		rare/*rare*
4- Gneiss à corindon et à grenat *Corundum garnet gneisses*	Q-M.P.-(Gr-Bi)-C-Sp	l.e & d	rare/*rare*

Des gneiss à biotite montrent fréquemment une microstructure gneissique. La biotite est fortement pléochroïque, de couleur brun jaune paille à noir brunâtre et possède des halos pléochroïques évidents autour des inclusions de zircon. Les gneiss à corindon ont une microstructure de matrice granoblastique et interlobée. Du grenat poecilobiastique contient de nettes inclusions de corindon et de spinelle. Le corindon est de couleur jaune pâle et de forme squelettique. Parmi les minéraux accessoires, on retrouve surtout du rutile, et des quantités variables d'oxydes de fer et de titane, de la pyrite réniforme, du graphite, du zircon, de l'apatite et du spinelle.

Biotite gneisses most frequently display a gneissose microstructure. The biotite is strongly pleochroic, straw yellow-brown to brownish black and contains conspicuous pleochroic haloes around zircon inclusions. The corundum-bearing gneisses have an interlobate granoblastic matrix microstructure. Poikiloblastic garnet contains noteworthy inclusions of corundum and spinel. The corundum is pale yellow and is skeletal in form. Accessory minerals include prominent rutile, and varying amounts of iron-titanium oxides, reniform pyrite, graphite, zircon, apatite and spinel.

Marbres et tactites

On a reconnu et indiqué sur le tableau 4, trois variétés pétrographiques de roches calcareuses. La présence de wollastonite et de grossulaire

Marbles and Tactites

Three petrographic varieties of calcareous rocks are recognized, and tabulated in Table 4. The presence of wollastonite and grossularite in some of

dans quelques-unes des roches indiquerait une transition au faciès pyroxène-hornfels. Le sphène est invariablement présent et constitue le minéral accessoire principal.

the rocks would indicate a transition to the pyroxene-hornfels facies. Sphene is invariably present in these rocks as the chief accessory mineral.

Tab. 4 - Roches calcareuses et leurs assemblages minéralogiques
Calcareous Rocks and their Mineral Assemblages

Types	Assemblages minéralogiques *Mineral Assemblages*	Sous-champs *Sub-Fields*	Remarques *Remarks*
1- Marbres impurs *Impure marbles*	Cc	3.c	rare/*rare*
2- Tactites à scapolite et à diopside *Scapolite diopside tactites*	Di-Scp±Pl-Mi-Q-Cc Di ± Pl-Q-Phl-Cc	3.a 3.a	fréquent/*frequent* Commun/*common*
3- Tactites à wollastonite et à grossulaire *Wollastonite and grossularite tactites*	Di-Wo-Grs ± Cc-Pl-Scp Di-Grs ± Cc-Q-Mi		rare/*rare* rare/*rare*

La calcite retrouvée dans les marbres forment une microstructure de mosaïque lenticulaire grossière et révèle un excellent développement de lamelles jumelées. Les tactites à diopside ont une microstructure granoblastique polygonale ou interlobée. On peut également remarquer des microstructures gneissiques lorsqu'il se produit un enrichissement en quartz et en feldspath. Le diopside est de couleur neutre à vert pâle et montre une structure de schiller; sa bordure est habituellement altérée en ouralite et/ou en phlogopite. De la scapolite incolore forme une mosaïque avec du diopside ou bien se présente sous forme fibreuse remplaçant du plagioclase. Des lames de wollastonite et/ou des treillis de grossulaire s'associent

The calcite found in the marbles forms a coarser lenticular mosaic microstructure and displays excellent development of twin lamellae. The diopside tactites have a polygonal or interlobate granoblastic microstructure. With the increase of quartz and feldspar, gneissose microstructures also occur. The diopside is neutral to pale green, displays schiller structure and is usually peripherally altered to uralite and/or phlogopite. Colorless scapolite either forms a mosaic with diopside or is present in a fibrous habit replacing plagioclase. Blades of wollastonite and/or lacy networks of grossularite are associated with the diopside. Pink-brown sphene is invariably present as the chief accessory mineral. Other minerals present in subsidiary amounts include iron-

avec le diopside. Du sphène brun rosé se présente invariablement et constitue le minéral accessoire le plus important. D'autres minéraux se retrouvent en quantités secondaires; ce sont des oxydes de fer et de titane, des sulfures, du graphite, de l'apatite, du zircon, de la zoïsite, de la tourmaline et de l'allanite.

titanium oxides, sulfides, graphite, apatite, zircon, zoïsite, tourmaline and allanite.

Autres roches d'origine douteuse

Pyriclasites, amphibolites et roches associées. On a reconnu trois types pétrographiques qui appartiennent à ce groupe et ils sont indiqués sur le tableau 5. Plusieurs de ces roches forment une progression et ne diffèrent que par les proportions des minéraux présents.

Other Rocks of Dubious Origin

Pyriclasites, Amphibolites and Related Rocks - Three petrographic types are recognized as belonging to this group and are presented in Table 5. Many of these rocks are gradational and differ only in proportions of minerals present.

Tab. 5 - Pyriclasites, Amphibolites et roches associées avec leurs assemblages minéralogiques.
Pyriclasites, Amphibolites and Related Rocks and their Mineral Assemblages.

Types	Assemblages minéralogiques *Mineral Assemblages*	Sous-champs *Sub-Fields*	Remarques *Remarks*
1- Pyriclasite *Pyriclasite*	A.P.-Hy-Di ± M.P.-O-Ho-Gr	2.a	fréquent/*frequent*
2- Amphibolites *Amphibolites*	A.P.-(Hy-Di-Ho) ± Bi-Gr	2.a	fréquent/*frequent*
3- Gneiss à hypersthène *Hypersthene gneisses*	A.P.-Q-Hy ± M.P.-Ho-Gr-Bi	2.b	Commun/*Common*

Les pyriclasites, les amphibolites et les gneiss à hypersthène ont une microstructure gneissique. On note également des gneiss déformés à micromortier, oeillés et glanduleux. L'hypersthène a un pléochroisme modéré à fort, tandis que le diopside est vert pâle. Les pyroxènes s'altèrent à divers degrés en un minéral ressemblant à la

The pyriclasites, amphibolites, and hypersthene gneisses have a gneissose microstructure. Deformed micromortar, augen or flaser gneisses are also noted. The hypersthene is moderately to strongly pleochroic and the diopside is pale green. The pyroxenes are altered in various degrees to a chlorite-like mineral. Schiller structures and thin lamellar

chlorite. Des structures de schiller et de fines intercroissances lamellaires sont communes. Le grenat, lorsque présent, apparaît sous la forme d'auréoles autour des pyroxènes et des oxydes de fer et de titane. La hornblende verte à brun foncé se caractérise par une mince couronne irrégulière de pyroxène. La biotite brune à brun rouge dérive de l'hypersthène et des oxydes de fer et de titane présents. Les minéraux accessoires les plus abondants sont les oxydes de fer et de titane et l'apatite tandis que les sulfures, le zircon et le spinelle sont en quantités moindres.

intergrowths are common. Garnet, when present, invariably occurs as coronas around the pyroxenes and iron-titanium oxides. Dark brown-green hornblende is often characterized by an irregular thin corona of pyroxene. Brown to red-brown biotite is secondary after hypersthene and iron-titanium oxides. Accessories are abundant iron-titanium oxides and apatites and subsidiary amounts of sulfides, zircon and spinel.

Chimie des pyriclasites -Le tableau 6 montre l'analyse d'une pyriclasite riche en oxyde que l'on a choisi pour des études sur les pyroxènes coexistants. L'analyse est remarquable pour son faible contenu en alumine et l'importance du Fe_2O_3. Quoique la roche puisse être considérée comme ultrabasique, la norme ne montre pas d'olivine. Il y a une différence entre la norme et le mode qui montre un pourcentage élevé de plagioclase. Ceci peut être dû à une variation dans la composition de la roche, dont certaines parties sont extrêmement riches en grenat. La norme et le mode montrent tous deux un contenu élevé en oxydes. Quoique l'on ne connaisse pas de roches analogues, des pyriclasites, pyroxénites et granulites à pyroxène provenant de terrains à faciès granulitique de l'Inde, de l'Autriche et de l'Australie sont utilisées à titre comparatif dans le tableau 6.

Chemistry of Pyriclasites - An analysis of an oxide-rich pyriclasite chosen for studies on co-existing pyroxenes is given in Table 6. The analysis is noteworthy for the low alumina content and high Fe_2O_3. Although the rock can be considered to be ultrabasic, the norm shows no olivine. There is a difference between the norme and the mode; the mode shows a higher percentage of plagioclase. This may be due to variation in the composition of the rock, parts of which are extremely rich in garnet. Both the norm and the mode show a high content of oxide minerals. Although there are no known rock analogs, some pyriclasites, pyroxenites and pyroxene granulites from granulite facies terrains in India, Austria and Australia are shown for comparison in Table 6.

Tab. 6 - Analyses des pyriclasites et.des roches associées.
Analyses of Pyriclasites and Related Rocks

Echantillon *Specimen*	1	2	3	4	5
SiO_2	46.98	48.50	51.67	47.44	48.09
TiO_2	1.65	1.12	0.19	1.29	0.79
Al_2O_3	5.95	4.87	9.32	5.36	8.14
Fe_2O_3	9.52	3.49	0.22	3.13	2.91
FeO	15.56	12.08	16.76	12.42	12.40
MnO	0.47	0.22		0.15	0.57
MgO	10.14	19.98	19.17	19.96	14.50
CaO	7.61	9.32	0.92	7.60	10.47
Na_2O	0.70	0.17	0.45	0.48	0.92
K_2O	0.19	0.01	0.56	0.10	0.46
H_2O	0.25	0.16	0.11	0.08	0.72
P_2O_5	0.30	0.06	0.02	0.27	0.11
CO_2	0.36				
Total *Total*	99.68	100.17	99.39	98.28	100.18
Q	8.55		3.42		
or	1.12	0.61	3.25	0.56	2.73
ab	5.92	1.41	4.20	4.19	7.76
an	12.53	12.19	4.15	12.23	17.22
C					
di	17.25	26.97	6.86	18.97	27.58
hy	35.66	43.80	74.94	42.35	26.31
ol		7.90		13.01	11.93
mt	13.80	5.10	0.24	4.41	4.21
il	3.16	2.16	0.32	2.43	1.50
ap	0.72	0.13	0.09	0.67	0.27
cc					
Q	2.3		3.5		
Kfl					
Pl	35.2		5.6		
Cpx	12.6	22.9		5.0	
Opx	29.5	64.2	77.8	46.0	
Gr	1.2		1.2		
Ho	3.4	4.3	0.3	40.7	
Bi			8.1		
Ox	15.5	8.4	3.5	8.3	
Acc	1.2	0.4			

1 - F18-13 (10) - Oxide Pyriclasite. Anal. M. Katz
2 - Pyroxenite dike, India; Howie (1955). Anal. J.H. Scoon
3 - Pyriclasite, Austria, Anal. H.G. Scharbert (1964)
4 - Bahiaite, India; Howie (1955). Anal. H.S. Washington
5 - Pyroxene granulite, Australia; Prider (1945). Anal. J.M.A. Grace

Gneiss à hornblende et à biotite.- Deux types de ces gneiss rétrogrades furent observés (tableau 7). Ces gneiss possèdent une composition minéralogique qui est typique du faciès amphibolite. Le sphène et l'allanite sont les minéraux accessoires caractéristiques.

Hornblende and Biotite Gneisses.- Two types of these retrograde gneisses were observed (Table 7). These gneisses have a mineralogical composition typical of the amphibolite facies. Sphene and allanite are characteristic accessory minerals.

Tab. 7 - Gneiss rétrogrades à biotite et à hornblende et leurs assemblages minéralogiques.
Retrograde biotite and Hornblende Gneisses and their Mineral Assemblages

Types	Assemblages minéralogiques *Mineral Assemblages*	Remarques *Remarks*
1- Gneiss à biotite *Biotite gneisses*	Q-Mi-Olg-Bi ± Mu	fréquent/*frequent*
2- Gneiss à hornblende *Hornblende gneisses*	Q-Mi-Olg-Ho-Bi	fréquent/*frequent*

Ces gneiss ont une microstructure gneissique et les gneiss déformés à micro-mortier ou oeillés sont rares. La biotite est fortement pléochroïque et avec des nuances de brun jaunâtre à brun verdâtre. Elle apparaît sous forme corrodée et entrevêtrée de quartz pour former une myrmékite de biotite. Des flocons poecilsblastiques de muscovite sont nettement secondaires au feldspath et à la biotite. De la hornblende vert bleu à vert pré peut être poeciloblastique ou corrodée de façon semblable à la biotite. La périphérie de la hornblende est invariablement remplacée par de la biotite. Des reliques occasionnelles de grains de pyroxène se remplacent par de la hornblende, tandis que l'épidote est rare. Le minéral accessoire principal est l'oxyde de fer et de titane lequel est remplacé par des couronnes de biotite et de sphène. L'allanite et la tourmaline sont accessoires uniquement à ces roches. Des sulfures, de l'apatite, du zircon et un peu de spinelle peuvent également être présents.

These gneisses have a gneissose microstructure and deformed micromortar or augen gneisses are rare. The biotite is strongly pleochroic in shades of yellow-brown to green-brown. It appears corroded and intergrown with quartz to form biotite myrmekite. Poikiloblastic flakes of muscovite are clearly secondary after feldspath or biotite. Blue-green to grass green hornblende may be poikiloblastic or corroded in a similar fashion to the biotite. The hornblende is invariably peripherally replaced by biotite. Occasional relict grains of pyroxene are largely replaced by hornblende. Epidote is rare. The chief accessory mineral is iron-titanium oxide, which is usually replaced by coronas of biotite and sphene. Allanite and tourmaline are also accessories found in these rocks. Sulfides, apatite, zircon and rare spinel may also be present.

Association de granulite

Le nom "série de Granulite" fut introduit par l'auteur dans le but de définir un groupe de granulites lequel comprend le "Gneiss du Mont Tremblant" (Katz, 1965, p. 6-7). Parce que l'on doute de la position stratigraphique des granulites, le terme "Association de granulite" est utilisé quand on veut référer à cette unité. On reconnaît deux membres principaux; une granulite à hypersthène de couleur vert à gris et une granulite quartzofeldspathique de couleur rose.

On ne connaît pas de façon absolue les relations stratigraphiques à cause de la distribution aléatoire des affleurements, de l'absence de relations transversales et de la structure complexe.

Les granulites à hypersthène sont interstratifiées en concordance avec de minces lits de pyriclasite et d'amphibolite et ne le sont qu'occasionnellement avec les autres membres du groupe de Grenville. On les retrouve également aux bordures des roches de mangérite quartzifère de la "série de Morin". Leur ressemblance minéralogique avec les mangérites quartzifères suggérerait parfois, que les granulites à hypersthène puissent être des zones de refroidissement et/ou un faciès fortement cisaillé des mangérites quartzifères.

Les granulites quartzofeldspatiques semblent être plus jeunes que le groupe de Grenville et les granulites à hypersthène,et sous forme intrusive, en certains endroits. Une grande masse, bien définie et de forme elliptique, de cette roche incluant le Mont Tremblant, montre des caractéristiques d'une masse

Granulite Association

The name "Granulite Series" was introduced by the author to define a group of granulites which includes the "Trembling Mountain Gneiss" (Katz, 1965, p. 6-7). Because the stratigraphic position of the granulites is in doubt, the term "Granulite Association" is used when referring to this rock unit. Two principal members are recognized, a grey-green hypersthene granulite and a pink quartzofeldspathic granulite.

The stratigraphic relationships of the granulites are not absolutely known due to the spotty nature of the outcrops, the lack of cross-cutting relationships and the complex structure.

The hypersthene granulites are conformably interstratified with thin beds of pyriclasite and amphibolite and only occasionally with the other members of the Grenville Group. They also appear at the margins of the quartz mangerite rocks of the "Morin Series". Their mineralogical similarity with the quartz mangerites would suggest in some cases that the hypersthene granulites may be chilled zones and/or highly sheared facies of the quartz mangerites.

The quartzofeldspathic granulites appear to be younger than, and in places intrusive into the Grenville Group and the hypersthene granulites. A large, well-defined mass of this rock comprising mont Tremblant shows characteristics of a body intrusive into the Grenville Group. This mass often displays thin conformable

qui est sous forme intrusive dans le groupe de Grenville. Cette masse laisse voir souvent de minces couches concordantes d'amphibolite et plus rarement de quartzites, surtout près de ses bordures. De petites masses similaires semblent occuper les noyaux des plis composés originairement de granulites ou de gneiss à hypersthène du groupe de Grenville. Les relations de terrain indiquent également un ruban régional d'hypersthène et de granulites quartzofeldspathiques. Ces dernières sont interstratifiées localement avec du quartzite impur, des gneiss à grenat, à sillimanite et à biotite et très rarement avec les pyriclasites et les amphibolites. A l'échelle d'un affleurement, les granulites quartzofeldspathiques forment un ruban intime avec les pyriclasites et les amphibolites.

sheets of amphibolite and more rarely quartzite, especially near its margins. Similar smaller bodies seem to occupy the cores of folds made up primarily of hypersthene granulites or gneisses of the Grenville Group. The field relationships also indicate a regional interbanding of hypersthene and quartzofeldspathic granulites. The quartzofeldspathic granulites are locally interstratified with impure quartzite, garnet-sillimanite and biotite gneisses and only rarely with the pyriclasites and amphibolites. On an outcrop scale, quartzofeldspathic granulites are intimately interbanded with pyriclasites and amphibolites.

Dans la région immédiate, ces roches ont été incluses en divers endroits dans la colonne stratigraphique. Logan (1863), p. 45) plaça originairement le "gneiss à orthose" (gneiss fondamental) comme sous-jacent au groupe de Grenville, formant ainsi le membre de base du système Laurentien. A ce moment là, on considérait cette roche comme étant la plus vieille dans la colonne stratigraphique. Adams, quant à lui, ne s'est pas limité aux relations stratigraphiques de ce gneiss fondamental avec le groupe de Grenville. Il mentionne (1896, p. 29): "La question à savoir si tous ces gneiss forment vraiment une portion de la base sur laquelle la série de Grenville fut déposée, depuis lors mise à jour par plissement ou par érosion et par conséquent intitulée "gneiss fondamental" ou si elles sont des masses intrusives, feuilletées par la pression à laquelle toute la région fut soumise, ne peut être déterminée". Quoique Adams n'était pas certain

In the immediate area these rocks have been included in various positions in the stratigraphic column. Logan (1863), p. 45) originally placed the "orthoclase gneiss" (fundamental gneiss) as underlying the Grenville Group and forming the basal member of the Laurentian System. At that time, it was considered to be the oldest rock in the stratigraphic column. Adams did not commit himself to the stratigraphic relationships of the fundamental gneiss to the Grenville Group. He states (1896, p. 29): "Whether all these gneisses really form a portion of a floor on which the Grenville Series was deposited, since brought up by folding and erosion, and thus entitled to the appellation "fundamental gneiss" or whether they are intrusive masses, foliated by the pressure to which the whole region has been submitted, cannot be determined". Although Adams was not certain of the age relationships of the fundamental gneiss to the Grenville Group, an international

des relations d'âge du gneiss fondamental avec le groupe de Grenville, un comité international décida que le gneiss fondamental ou le terme plus connu de "granite Laurentien" était sous forme intrusive dans le groupe de Grenville et qu'il était le plus vieil événement igné de la région (Adams et al. 1907). En accord avec cette pensée, Osborne plaça le granite laurentien entre le groupe de Grenville et la série de Morin. Osborne croyait également que c'était la plus vieille roche ignée de la région, qu'elle constituait une intrusion dans le groupe de Grenville et qu'elle précédait l'introduction des anorthosites et des roches associées de la série de Morin (Osborne, 1933 p. 50-51 et 1936b, p. 416). Osborne (1936a p. 211) reconnut, dans la région du "quasi-plateau" située près de Shawinigan Falls, la variété rosée (gneiss du Mont Tremblant) qui apparaît sous la forme de filon-couche plus ou moins confiné aux amphibolites à pyroxène de la "série du Grenville inférieur".

La controverse concernant un granite précédant la série de Morin dans le Grenville de la province de Québec a atteint son sommet lorsque Faessler (1943) revisa tous les travaux effectués sur ce sujet. En particulier, il discuta en détail le travail de Wilson (1924) qui croyait que ce granite n'avait jamais existé. Faessler (1943, p. 133-135) conclut que le gneiss granitique du Mont Tremblant (Gneiss du Mont Tremblant) est plus vieux que la série de Morin et qu'il constitue une intrusion dans le groupe de Grenville. On a également suggéré des critères dans le but de faire la distinction entre le vieux granite pré-Morin et le granite plus jeune de Pine Hill appartenant à la série de Morin.

committee decided that the fundamental gneiss or the preferred term "Laurentian Granite" was definitely intrusive into the Grenville Group and was the oldest igneous event in the area (Adams et al, 1907). In accordance with this view, Osborne placed the Laurentian Granite between the Grenville Group and the Morin Series. Osborne also believed that it was the oldest igneous rock in the area, intruding the Grenville Group and predating the introduction of the anorthosites and related rocks of the Morin Series (Osborne, 1933, p. 50-51 and 1936b, p. 416). In the "quasi plateau" area near Shawinigan Falls, Osborne (1936a, p. 211) recognized the pink variety (Trembling Mountain Gneiss) as sills more or less confined to the pyroxene amphibolites of the "Lower Grenville Series".

The controversy regarding a pre-Morin Series granite in the Grenville province of Quebec reached a climax when Faessler (1943) reviewed all work on the topic. In particular, he discussed in some detail the work of Wilson (1924) who believed that this granite never existed. Faessler (1943, p. 133-135) concluded that the Mont Tremblant granitic gneiss (Trembling Mountain Gneiss) is older than the Morin Series and is intrusive into the Grenville Group. Criteria were also suggested to distinguish between the old pre-Morin granite, and the younger Pine Hill granite of the Morin Series.

La position de ces gneiss granitiques et des granulites a récemment été déplacée à divers endroits sur la colonne stratigraphique. Dans la région est, Côté (1960, p. 6), Béland (1960, p. 8) et Bérard (1961, p. 3) ont placé des gneiss et granulites semblables comme équivalents à la partie supérieure de la série de Morin. Béland (1960, p.8) a indiqué que la variété rose peut même être d'âge post-Morin. Duesing (1962, p. 3) a suivi la convention d'Osborne concernant les gneiss roses, mais a cependant indiqué que la variété verte peut être équivalente au groupe de Grenville. Klugman (1960, p. 6 et 10) croit qu'un groupe de gneiss quartzofeldspathiques, semblables au roches décrites plus haut, peut être le résultat d'une réaction entre le groupe de Grenville qui est plus vieux et les jeunes roches intrusives de la série de Morin.

Dans la région ouest, de La Rue (1956, p. 5) groupe les gneiss granitiques et les gneiss à hypersthène dans une série de roches intrusives plus jeunes que le Grenville. Pollock (1960, p. 2) suivit cette relation générale et de plus introduisit un groupe intermédiaire de granulites (granofels) situé entre le groupe de Grenville et les roches intrusives plus tardives.

Classification des granulites

Une classification simple et pratique de ces roches est justifiable et l'on considère deux groupes:

1- *Granulites quartzofeldspathiques* qui ont une surface d'altération grisâtre et qui sont des roches roses à quartz et à microperthite.

The position of these granite gneisses or granulites recently has been shifted to various places on the stratigraphic column. In the areas to the east, Côté (1960, p. 6), Béland (1960, p. 8), and Bérard (1961, p. 3) have placed similar gneisses and granulites as equivalent to the upper part of the Morin Series. Béland (1960, p. 8) has indicated that the pink variety may even be post-Morin in age. Duesing (1962, p. 3) has followed Osborne's convention concerning the pink gneisses, but has indicated that the green variety may be equivalent to the Grenville Group. Klugman (1960, p. 6 and 10) believes that a group of quartzofeldspathic gneisses, similar to the rocks described above, may be the result of a reaction between the older Grenville Group and the younger intrusive Morin Series.

To the west, de La Rue (1956, p. 5) grouped the granitic and hypersthene-bearing gneisses in an intrusive rock series younger than the Grenville. Pollock (1960, p. 2) followed this general relationship and also introduced an intermediate group of granulites (granofels) lying between the Grenville Group and the later intrusives.

Classification of the Granulites

A simple, practical classification of these rocks is warranted and two groups are considered:

1-*Quartzofeldspathic granulites* which are gray weathering, pink quartz-microperthite rocks

2- *Granulites à hypersthène* qui sont gris verdâtre et qui sont des roches résineuses à quartz et à microperthite et/ou à antiperthite et à hypersthène qui s'altèrent en une surface crayeuse sous laquelle on retrouve une zone rouillée de quelques pouces.

Ces deux groupes de même que leurs types et variétés principales seront classifiés sur la base de leurs composantes minéralogiques avec une attention particulière pour les phases prédominantes de feldspath et de ferromagnésien. Des équivalents rétrogrades et altérés de ces roches seront également discutés (Tableau 8). Une classification double et semblable a été utilisée pour les gneiss montrant les caractéristiques de "granulite" dans d'autres terrains à faciès granulitique (i. e. Heier, 1956, p. 172-178; Subramanian, 1959, p. 331; et Adams, 1929, p. 446).

Dans la présente classification, nous avons inscrit par ordre d'abondance les principaux groupes, types et variétés proposées. Les corrélations entre ces différents membres sont graduelles tel qu'indiqué à la figure 7. Les granulites quartzofeldspathiques et à hypersthène sont toutes deux de même fréquence et de même étendue. Parmi les granulites quartzofeldspathiques, l'alaskite est de loin celle que l'on rencontre le plus fréquemment. Les granulites charnockitiques et enderbitiques sont les types les plus communs du groupe de granulites à hypersthène.

2- *hypersthene granulites* which are green-gray and resinous quartz-microperthite and/or antiperthite-hypersthene rocks which weather to a chalky surface, beneath which is a rusty zone of a few inches.

These two groups and their principal types and varieties will be classified on the basis of mineral components, with special emphasis on prominent feldspar and ferromagnesian phases. Retrograde and altered equivalents of these rocks will also be discussed (Table 8). A similar twofold classification has been used for gneisses which display "granulite" characteristics in other granulite facies terrains (e.g. Heier, 1956, p. 172-178; Subramanian, 1959, p. 331; and Adams, 1929, p. 446.

In the present classification the main groups, types and proposed varieties are listed in order of abundance. The interrelationships between the various members are gradational as shown in Fig. 7. Both the quartzofeldspathic and hypersthene granulites are equally common and widespread. Among the quartzofeldspathic granulites the alaskitic type is by far the most frequently encountered. Both the charnockitic and enderbitic granulites are the most common types of the hypersthene granulite group.

Tab. 8 - Classification des granulites
Classification of the Granulites

Groupes *Groups*	Types *Types*	Variétés *Varieties*	Feldspath *Feldspar*	Fémiques *Femics*	Microstructure *Microstructure*
Granulites quartzo-feldspathiques *Quartzofeldspathic Granulites*	Alaskitique *Alaskitic*		M.P. A.P.	5%	Microglanduleux et granoblastique *Microflaser and granoblastic*
		Charnockitique *Charnockitic*	" "	Hy	"
		Gr- "	" "	Hy & Gr	"
		Ox- "	" "	Hy & Ox	
	Grenat/*Garnet*			Gr	"
		Oxide/*oxide*		Gr & Ox	"
	Oxyde/*Oxide*		"	Ox	Micro-oeillé *Microaugen*
Rétrograde *Retrograde*	Biotite *Biotite*		Mi & Olg	Bi	Microglanduleux et granoblastique *Microflaser and granoblastic*
Granulites à hypersthène *Hypersthene Granulites*	Enderbitique *Enderbitic*		A.P. M.P.		Micro-oeillé *Microaugen*
		Grenat *Garnet*			"
	Hornblende *Hornblende*	Charnockitique *Charnockitic*	M.P. A.P.	Ho & Hy	"
Rétrograde *Retrograde*	Diopside Hornblende	Biotite	Mesoperth. Mi & Olg	Di Ho & Bi	Microglanduleux et granoblastique *Microflaser and granoblastic*
Altéré *Altered*	Chlorite		M.P. A.P.	Chl	"
		Grenat *Garnet*	"	Chl & Gr	"

Distribution générale - Les granulites sont les types de roche caractéristiques de la région et elles constituent jusqu'à environ 50% de tous les affleurements de la région.

Il est bon de mentionner les associations générales de terrain des groupes principaux. Là où il y a des affleurements continus, les granulites à hypersthène et quartzofeldspathiques apparaissent localement sous forme de ruban avec des pyriclasites, des amphibolites et de minces lentilles de quartz conformes. Ces rubans alternent à

General distribution - The granulites are the characteristic rock types of the area making up about 50% of the total area of bedrock exposed.

It is noteworthy to point out the general field associations of the main groups. Where there are continuous exposures, the hypersthene and quartzofeldspathic granulites appear locally interbanded with pyriclasites, amphibolites and conformable thin quartz lenses. These bands alternate, every few feet, as best seen along the Bess Lake

quelques pieds d'intervalle; ils sont très bien exposés le long de la route du lac Bess (Planche 1). A l'échelle régionale des lits continus de gneiss à sillimanite et à grenat, de quartzites et de gneiss à biotite, d'une épaisseur atteignant ½ mille et d'une longueur de 3 milles sont entourés et interstratifiés par les granulites quartzofeldspathiques (figure 8). Les granulites à hypersthène sont en interdigitation et en interlit avec les types quartzofeldspathiques. Ces bandes vont de quelques pouces d'épaisseur à des unités de plusieurs milliers de pieds. Les granulites à hypersthène ne sont pas habituellement interstratifiées par des séquences de paragneiss, quoiqu' elles semblent être associées aux mangérites quartzifères (figure 9).

road (Plate 1). On a regional scale continuous beds of sillimanite-garnet gneisses, quartzites and biotite gneisses, as much as ½ mille thick and 3 miles long are enclosed and interstratified with the quartzofeldspathic granulites (Fig. 8). The hypersthene granulites are interfingered and interlayered with the quartzofeldspathic types from bands only a few inches thick to units thousand feet across. The hypersthene granulites are not usually interstratified with paragneiss sequences, although they do appear to be associated with the quartz mangerites (Fig. 9).

Les équivalents rétrogrades et altérés des granulites sont limités quant à leur apparition sur le terrain. On retrouve des granulites rétrogrades dans des zones sises autour des roches intrusives du groupe de Pine Hill. Des zones rétrogrades sont également en interdigitation avec des séquences granulitiques normales. Les détails de ces relations seront fournis dans une section que l'on retrouvera plus loin et qui est intitulée "métamorphisme rétrograde".

The retrograde and altered equivalents of the granulites are restricted in their field occurrences. Retrograde granulites are found in zones around the intrusives of the Pine Hill Group. Retrograde zones are also interbanded with normal granulite sequence. The details of these relationships will be given in a later section under "retrogressive metamorphism".

Structure - Dans les affleurements, les granulites sont rubanées par des pyriclasites et des amphibolites foncées et quelques quartzites gris qui délimitent et amplifient la structure. Les structures suivantes s'observent dans les granulites et les roches associées et elles réflètent la déformation intense que l'on retrouve dans des terrains de faciès granulitique profond (Kranck, 1957, Berthelsen, 1960).

Structure -In outcrops, the granulites are regularly interbanded with dark pyriclasites and amphibolites and minor gray quartzites, which outline and emphasize the structure. The following structures are observed in granulites and related rocks and reflect the intense deformation found in deep seated granulite facies terrains (Kranck, 1957; Berthelsen, 1960).

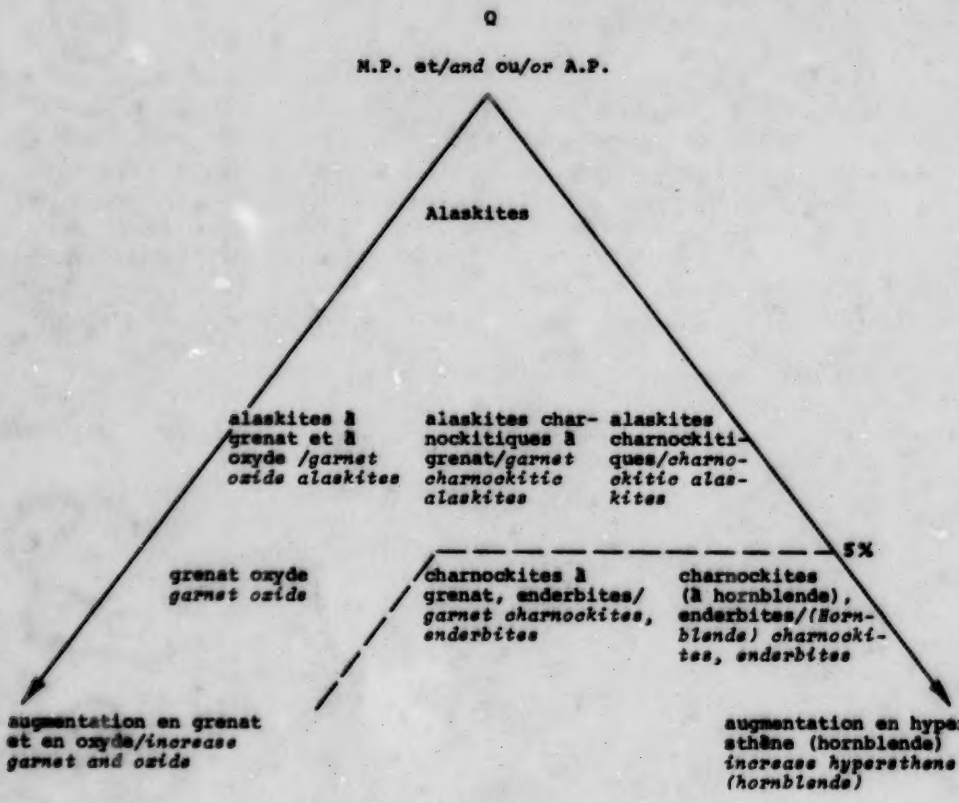


Fig. 7 - Corrélations entre des groupes, des types et des variétés de granulite (des lignes pointillées marquent la séparation entre les granulites quartzofeldspathiques et les granulites à hypersthène). Le tout est graduel.

Interrelationships between granulite groups (dashed line separates quartzofeldspathic from hypersthene granulites), types and varieties. All field gradational.

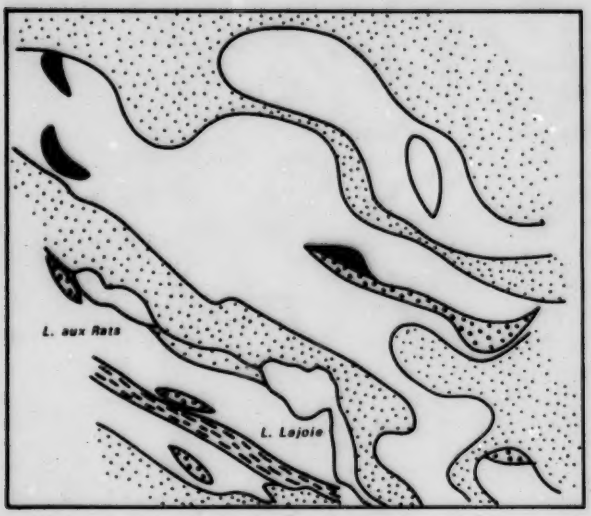


Figure 8 Lits interstratifiés de gneiss à sillimanite et grenat (gros points), de quartzite impur (noir) et de gneiss à biotite (traits) dans des granulites quartzofeldspathiques (blanc), lesquelles sont interlitées à une plus grande échelle avec des granulites hypersthène (point). Échelle: 1"= 1 mille.

Interstratified beds of sillimanite-garnet gneiss (coarse stippled), impure quartzite (black) and biotite gneiss (dashed lined) in quartzofeldspathic granulites (plain), which are on a larger scale interbanded with hypersthene granulite (stippled). Scale: 1"= 1 mile.

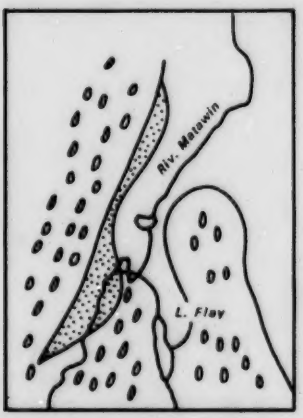


Figure 9 Granulites à hypersthène (points) trouvées aux contacts des séries de Morin (yeux) associés avec des gneiss et des granulites (blanc). Échelle: 1"= 1 mille.

Hypersthene granulites (stippled) found at the contacts of the Morin Series (eye pattern) associated with gneisses and granulites (plain). Scale: 1"= 1 mile.

Structure/*Structure*	Type de gneiss/*Type of Gneiss*
Ruban/*band*	Gneiss rubané/*banded gneiss*
Boudinage/*boudinage*	Gneiss agmatitique/*agmatitic gneiss*
Brèche/*breccia*	Gneiss agmatitique/*agmatitic gneiss*
Plis d'entraînement/*drag folds*	Gneiss à petits plis/*small folded gneiss*
Plis cunéiformes/*arrowhead folds*	Gneiss strié/*streaky gneiss*
Plis ptygmatiques/*ptygmatic folds*	Gneiss onduleux/*wavy gneiss*
Pegmatites et veines/*pegmatites and veins*	Gneiss veiné/*veined gneiss*

Les divers membres rubanés réagissent à la déformation de différentes façons et les structures reflètent la compétence relative des différentes unités de roche. Les granulites et les gneiss à grenat sont déformés par cheminement tandis que les bandes relativement compétentes de gneiss et de quartzites foncés se rompent pour former du boudinage.

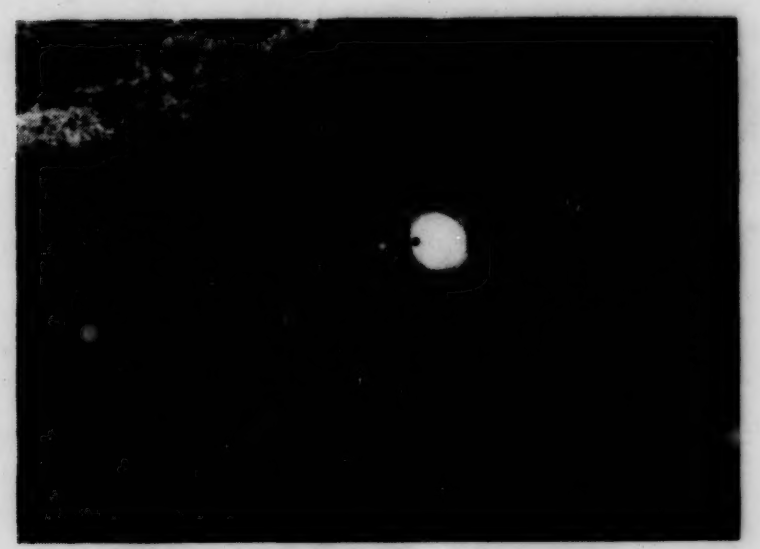
Dans les granulites rubanés, les rubans n'excèdent que rarement un pied d'épaisseur et sont plusieurs fois plus longs que larges. La nature discontinue de ces bandes rend difficile la reconstruction de la structure régionale. Ces lisières peuvent également être faillées, disloquées et tordues (planches 1, 6 et 7). Des structures de pincement et de gonflement (veines boudinées) se transforment en boudinage* (planches 2 et 3) avec des boudins ayant des dimensions moyennes de 10 po. x 15 po. Les boudins peuvent être séparés de plus de 2 pieds (planche 4) mais la plupart du temps l'intervalle n'est que de quelques pouces. Si on les examine de près, les granulites encaissantes semblent cheminer dans le vide entre les boudins; lequelle est également occupé

The various interbanded members react to the deformation in different ways, and the structures reflect the relative competence of the different rock units. The granulites and garnet gneisses are deformed by flowage while the relatively competent interbanded dark gneisses and quartzites rupture to form boudinage.

In the banded granulites, the bands rarely exceed 1 foot in thickness, and are many times longer than they are wide. The discontinuous nature of these bands makes it difficult to reconstruct the regional structure. The bands may also be faulted off, disrupted and distorted (Plates 1, 6 and 7). Pinch and swell structures develop into boudinage* (Plates 2 and 3) with the dimensions of the boudins averaging 10 in. x 15 in. The boudins may be separated as much as 2 feet (Plate 4) but more commonly the gap is only a few inches. On close examination, the host granulite seems to be flowing into the inter-boudin scar, which is also occupied by a coarser pegmatitic filling (Plate 5). More chaotic structures, such as breccia and agmatites are found in the thicker bands in which

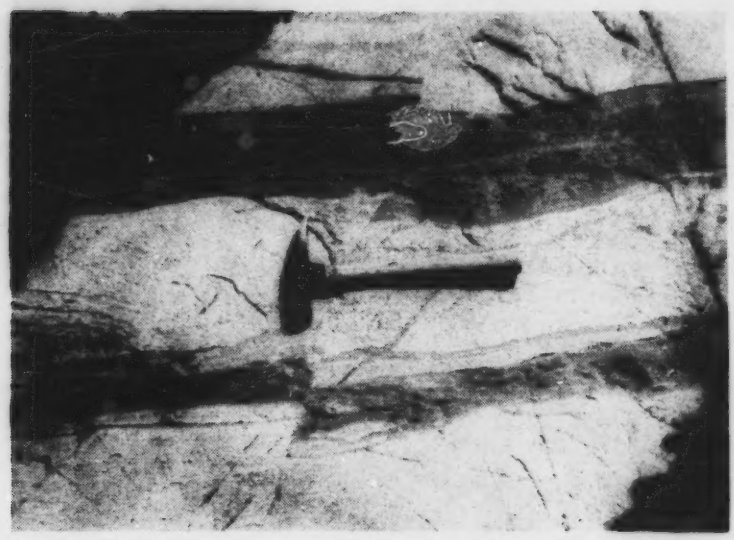
* La terminologie concernant la structure de boudinage sera prise dans Jones (1959, p. 104-116).

* The terminology concerning boudinage structure will be taken from Jones (1959, p. 104-116).



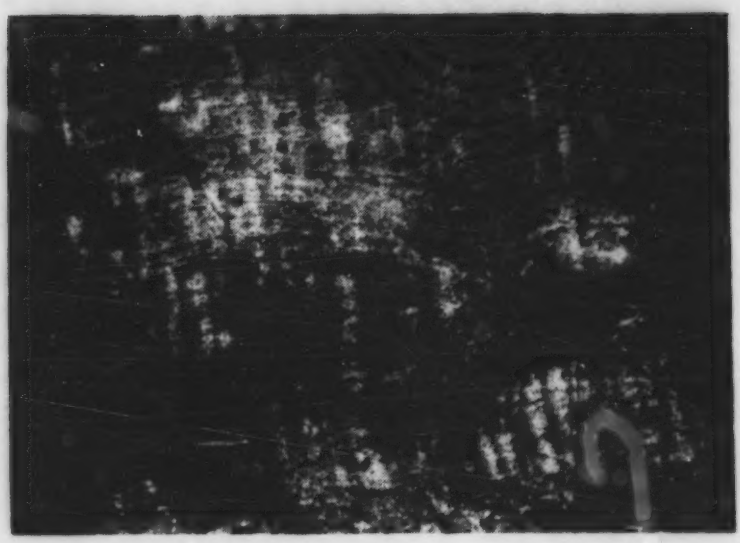
Pl. 1 - Gneiss rubané, la bande foncée étant déplacée par une petite faille; il faut noter les inclusions lenticulaires de granulite et les apophyses foncées qui sont étroites. Est du lac Bess.
Banded gneisses, dark band offset by a small fault; note the lenticular inclusions of granulite and the narrow dark apophyses. East of Bess lake.

Pl. 2 - Gneiss rubané, une bande foncée laissant voir un boudinage qui s'amorce; il faut noter les horizons brisés qui sont isolés. Est du lac Bess.
Banded gneiss, dark band displaying incipient boudinage; note isolated disrupted layers. East of Bess lake.

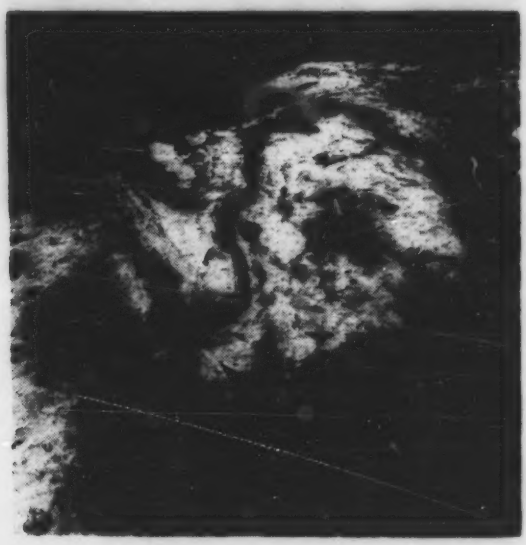


Pl. 3 - Boudins d'amphibolite et de quartzite dans un gneiss à grenat. Lac du Diable.
Boudins of amphibolite and quartzite in a garnet gneiss. Diable lake.

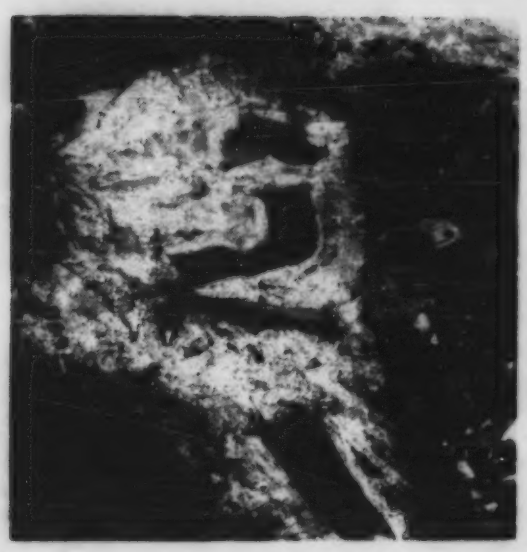
Pl. 4 - Gneiss rubané, les parties foncées étant séparées de plus de deux pieds, les vides étant remplis par des courants de pegmatite. Lac Bess.
Banded gneiss, dark band separated more than two feet, scar area filled by pegmatite seam. Bess lake.



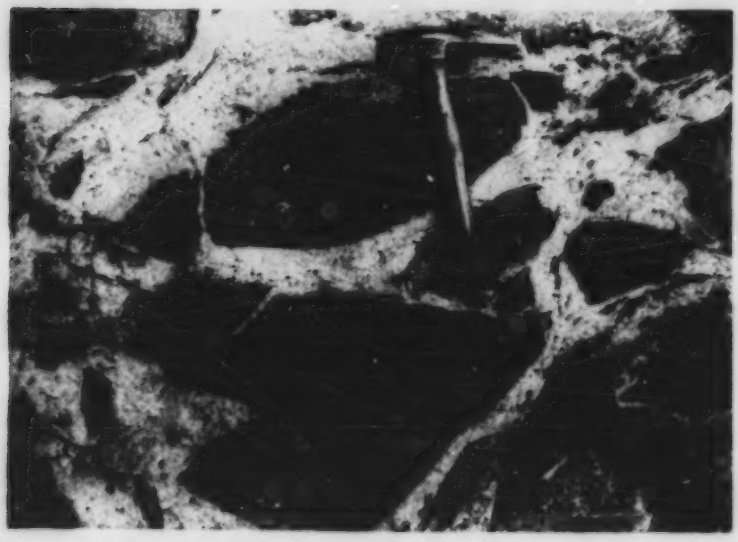
Pl. 5 - Boudinage dans une granulite à hypersthène montrant un pli cicatrisé typique, un morcellement et un rapprochement. Nord de la rivière Matawin Ouest.
Boudinage in hypersthene granulite showing classic scar fold, partition and re-entrant. North Matawin Ouest River.



Pl. 6 - Bande foncée tordue et brisée dans un gneiss à grenat. Nord de la barrière du parc du Mont-Tremblant.
Distorted and disrupted dark band in garnet gneiss. North Mt. Tremblant Park Gate.

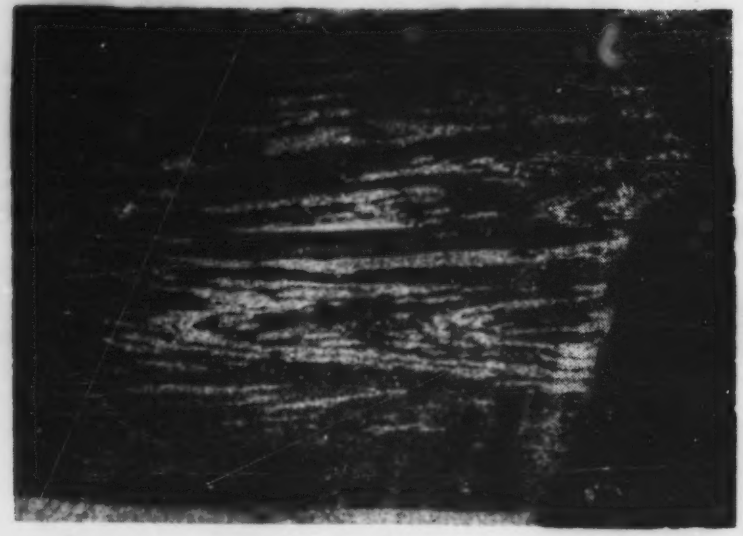


Pl. 7 - Bande foncée brisée et basculée dans un gneiss à grenat. Nord de la barrière du parc du Mont-Tremblant.
Disrupted and rotated dark band in garnet gneiss. North Mt. Tremblant Park Gate.



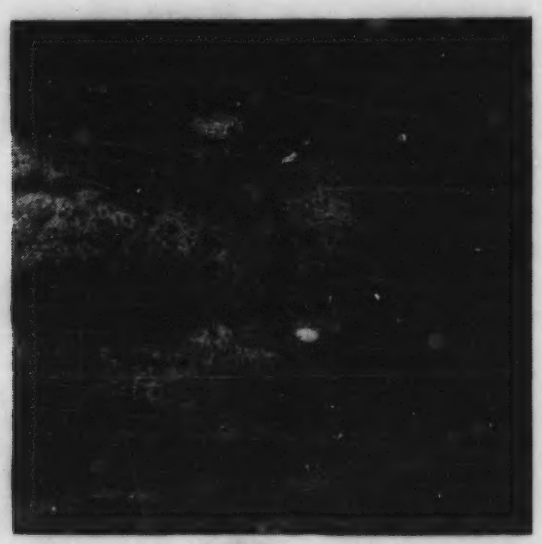
Pl. 8 - Gneiss agmatitique. Sac à Commis/*Agmatite gneiss. Sac à Commis.*

Pl. 9 - Gneiss rubané, plis isoclinaux et structure cunéiforme. Est du lac Bess/*Banded gneiss; isoclinal folds and arrowhead structure. East of Bess lake.*



Pl. 10- Petits plis isoclinaux dans des bandes foncées de granulite. Route du lac Bess.
Fine isoclinal folds in dark bands in granulite. Bess lake road.

Pl. 11 - Granulite à hypersthène à petits plis. Nord de la rivière Matawin Ouest.
Small-folded hypersthene granulite. North Matawin Ouest River.



Pl. 12 - Bande de quartz à plis ptygmatiques dans une granulite; la pièce de 25 cents est utilisée comme échelle. Route du lac Lajoie.
Ptygmatic-folded quartz band in granulites; note 25 cent piece for scale. Lake Lajoie road.

par un remplissage pegmatitique plus grossier (planche 5). On retrouve des structures plus chaotiques, telles que les brèches et les agmatites, dans les bandes plus épaisses. Ces bandes renferment des blocs d'amphibolite dans une matrice de pegmatite (planche 8).

blocks of amphibolite occur in a matrix of pegmatite (Plate 8).

Quand les roches se plissent, des plis isoclinaux se développent dans les lisières foncées qui, d'une façon caractéristique possèdent d'épaisses zones de charnière et des flancs étroits et coupés (planches 9 et 10). Les amplitudes de ces plis peuvent être de quelques pieds et leur longueur d'onde excède rarement un pied et plus. Des granulites plus homogènes peuvent montrer de petites structures de plis d'entraînement et, à l'occasion, on peut observer des plis ptygmatiques dans ces bandes de quartz (planches 11 et 12).

When the rocks are folded, isoclinal folds develop in the dark bands, which characteristically have thick hinge zones and narrow, sheared off flanks (Plates 9 and 10). The amplitudes of these folds may be a few feet and their wavelength rarely exceeds a foot or so. More homogeneous granulites may show small drag-folded structures, and occasionally ptygmatic folds are observed in the quartz bands (Plates 11 and 12).

Des pegmatites et des aplites intrusives sont très communes et produisent plusieurs structures intéressantes. Une liste complète des divers types observés serait inutilement longue. Ils apparaissent fréquemment sous la forme de minces dykes transversaux d'aplite pas plus d'un pouce d'épaisseur. Des filons-couches plus épais, d'un pied de largeur ont été occasionnellement notés comme étant manifestement zonés. Plusieurs petites pegmatites occupent des zones transversales de cisaillement.

Intrusive pegmatites and aplites are very common and produce many interesting structures. A full list of the many types observed would be unnecessarily long. Commonly they appear as thin, cross-cutting aplite dikes no more than an inch or so thick. Thicker sills a foot across have been occasionally noted to be conspicuously zoned. Many small pegmatites occupy cross-cutting shear zones.

Pétrographie des granulites

Les types principaux,tels qu'exposés précédemment dans la classification des granulites, sont identifiés de pair avec leur assemblage minéralogique dans le tableau 9 suivant.

Petrography of the Granulites

As outlined previously in the classification of the granulites, the following main types, together with their mineral assemblages, are recognized as shown in Table 9.

La plupart des minéraux présents dans les types 1, 2, 3, 5, 6 et 7 s'adaptent de très près aux assemblages idéals du faciès de granulite (figure 6). Les assemblages rétrogrades 4, 8 et 9 sont de degré amphibolitique tandis que le type 10 est altéré mais retient cependant la plupart des caractéristiques du faciès du granulite.

Most of the minerals present in types 1, 2, 3, 5, 6 and 7 conform closely to the ideal assemblages of the granulite facies (Fig. 6). The retrograde assemblages 4, 8 and 9 are of amphibolitic grade and type 10 is altered but still retains most granulite facies characteristics.

Pétrographie des granulites quartzo-feldspathiques

Granulites alaskitiques - La majorité de ces granulites sont recristallisées et des gneiss micro-oeillés et granoblastiques en sont caractéristiques (planche 3). La microperthite résiduelle possède les propriétés optiques de la microcline et contient de la perthite en cheveux qui est peut-être mésoperthitique. De l'antiperthite (An_{22}), lorsque présente, est en quantité moindre. Les lentilles de feldspath sont ternies par de la limonite et altérées en séricite. Les plaques de quartz sont obscurcies à différents degrés par des inclusions semblables au schiller et par un peu de sagénite. Des filets d'hypersthène sont altérés en un minéral ressemblant à la chlorite. Les grenats qui apparaissent, sont sous forme de grains isolés ou sous la forme de couronnes autour de l'oxyde de fer et de titane, lequel est, avec un peu de sulfure, le minéral accessoire principal. Ces grains sont souvent bordés par des couronnes de réaction naissantes de biotite brun-vert avec des traces de chlorite. Le zircon est invariablement présent tandis que de l'apatite est manifestement rare et on ne la retrouve que dans les granulites alaskitiques à hypersthène et à grenat. Le rutile et le spinelle en intercroissance avec des oxydes de fer et de titane se présentant occasionnellement et l'on a également noté du graphite dans un spécimen.

Petrography of the Quartzofeldspathic Granulites

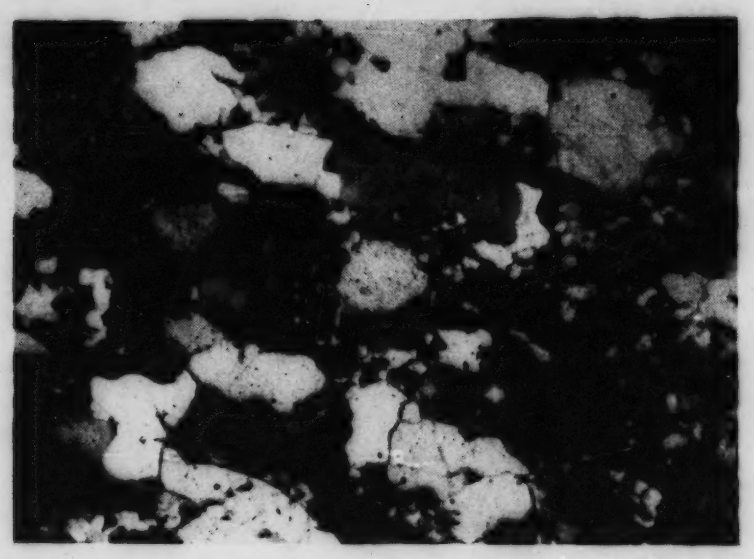
Alaskitic Granulites - The majority of these granulites are recrystallized and microflaser and granoblastic gneisses are characteristic (Plate 3). The relict microperthite has the optical properties of microcline and contains hair perthite that may be mesoperthitic. Antiperthite (An_{22}), when present, is in subsidiary amounts. The feldspar phacoids are dusted by limonite and altered to sericite. The quartz plates are clouded in varying degrees with schiller-like inclusions and a bit of sagenite. Trains of hypersthene are altered to a chlorite-like mineral. Garnets, when present, are in isolated grains or in corona relationships to iron-titanium oxide, which is, with a little sulfide, the chief accessory. These grains are often rimmed with incipient coronas of green-brown biotite with a trace of chlorite. Zircon is invariably present and apatite is conspicuously rare, being found only in the hypersthene and garnet-bearing alaskitic granulites. Rutile and spinel intergrown with iron-titanium oxides are occasionally present and graphite was also noted in one specimen.

Tab. 9 - Types de granulites et leurs assemblages-minéralogiques
Granulite Types and their Mineral Assemblages

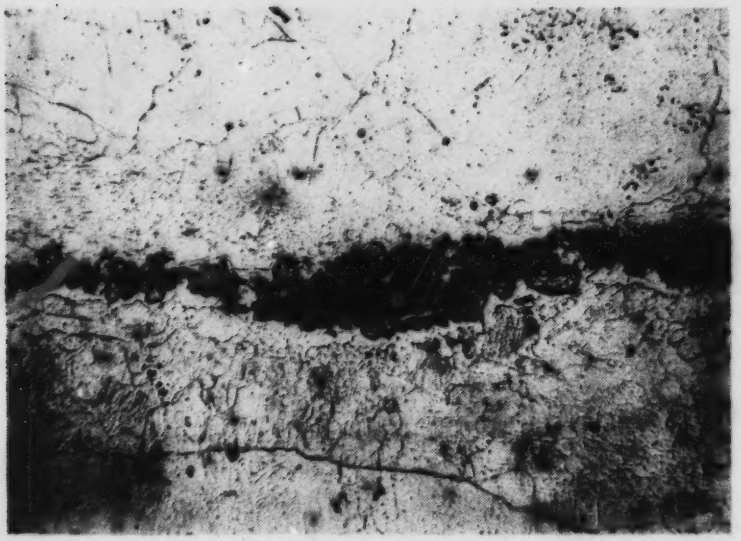
Type	Assemblages minéralogiques *Mineral Assemblages*	Sous-champs *Subfields*	Remarques *Remarks*
Granulites quartzofeldspatiques/*Quartzofeldspathic granulites*			
1- Granulites alaskitiques *Alaskitic granulites*	Q-M.P. ± A.P.-Hy-Gr-I.M.	1	fréquent *frequent*
2- Granulites à grenat *Garnet granulites*	Q-M.P.-Gr ± Bi-I.M.	1.g-h	commun *common*
3- Granulites à oxyde *Oxide granulites*	Q-M.P.-I.M.		rare
4- Granulites à biotite rétrograde *Retrograde biotite granulites*	Q.-Mi-Olg-Bi ± Gr	1.h	rare
Granulites à hypersthène *Hypersthene granulites*			
5- Granulites enderbitiques *Enderbitic granulites*	Q-A.P.-Hy ± M.P.-Di-Gr-Ho	2.a	commun *common*
6- Granulites charnockitiques *Charnockitic granulites*	Q-M.P.Hy ± A.P.-Di-Ho-Gr	1.i	fréquent *frequent*
7- Granulites charnockitiques à hornblende *Charnockitic-hornblende granulites*	Q-M.P.-Ho-Hy ± Di	2.a	commun *common*
8- Granulites à diopside rétrograde *Retrograde diopside granulites*	Q-M.P.-Di ± Hy-Ho	2.a	rare
9- Granulites à hornblende rétrograde *Retrograde hornblende granulites*	Q-Mi-Or (Ho-Bi) ± Hy	2.2	rare
10- Granulites à chlorite altérés *Altered chlorite granulites*	Q-M.P.-A.P.-Chl ± Gr	2.a	rare

Granulites à grenat - Les microstructures des granulites à grenat sont des gneiss microglanduleux et granoblastiques. De la microperthite à microcline sous forme de relique montre de fines veinules de perthite et les lentilles recristallisées sont ternies par de la limonite et saupoudrées de séricite.

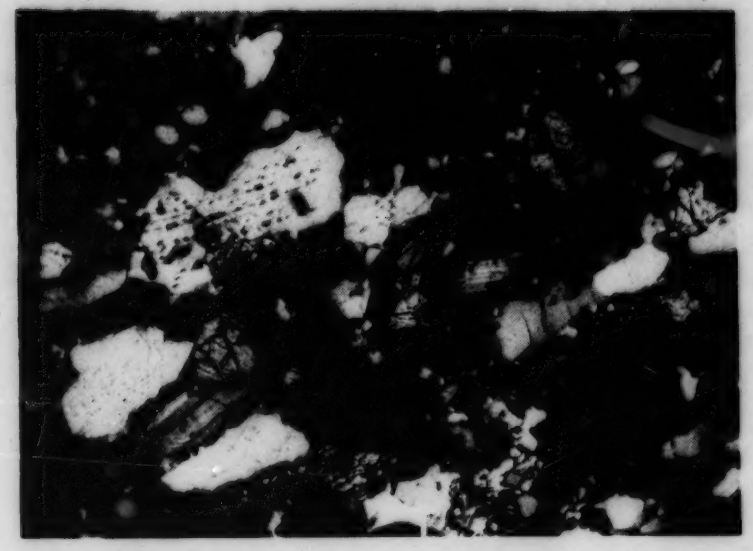
Garnet Granulites - The microstructure of the garnet granulites are microflaser and granoblastic gneisses. Relict microcline microperthite displays fine string perthite and the recrystallized phacoids are stained with limonite and dusted with sericite. The quartz usually contains moderate amounts of schiller-like



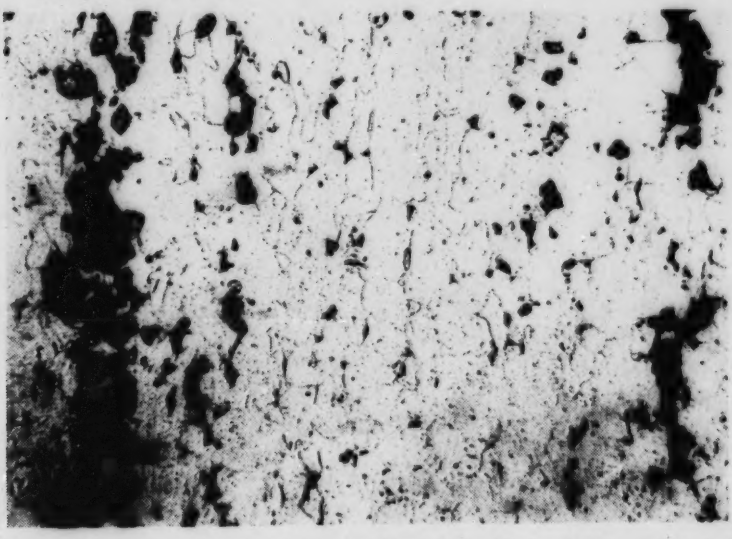
Pl. 13 - Textures microgranoblastiques de granulites alaskitiques x 40.
Microgranoblastic fabrics of alaskitic granulites x 40.



Pl. 14 - Chaînes de grenats (structure en chapelet) avec des reliques de noyaux d'oxydes de fer et de titane x 40.
Chains of garnets (rosary structure) with relict cores of iron-titanium oxides x 40.



Pl. 15 - Gneiss micro-oeillé de granulite enderbitique avec des porphyroclastes d'antiperthite x 40.
Enderbitic granulite microaugen gneiss with porphyroclasts of antiperthite x 40 .



Pl. 16 - Alternance de bandes d'hypersthène (droite) et de grenat (gauche) dans une granulite charnockitique x 40.
Alternation of bands of hypersthene (right) and garnet (left) in charnockitic granulite x 40 .

Le quartz contient habituellement des quantités moyennes d'inclusions ressemblant au schiller. Des grenats rose pâle (almandin-pyrope) sont sous la forme de grains en chaîne (structure en chapelet), contenant souvent des noyaux d'oxydes de fer et de titane encastrés dans du quartz (planche 14). Des couronnes de biotite entourent le grenat ainsi que les minéraux allongés d'oxyde de fer et de titane. On observe rarement des traces d'hypersthène et de hornblende altérés. Le zircon est omniprésent, et l'apatite est moins commune. Du rutile et du spinelle en intercroissance avec de l'oxyde de fer et de titane sont également présents.

Granulite à oxyde - Des quelques spécimens qui ont été étudiés, la plupart ont une microstructure micro-oeillée. De la microperthite, partiellement saupoudrée avec de l'aventurine, peut être appelée mésoperthite car la phase d'exsolution et le palasome sont en proportions égales. Les oxydes de fer et de titane sont caractéristiquement allongés et semblent modelés sur les plaques de quartz. En section polie, on interprète les oxydes comme des intercroissances de magnétite et d'ilménite ou d'hémo-ilménite. Des couronnes de biotite brune se développent de préférence aux bordures d'oxyde de perthite. Un peu d'hypersthène altéré est habituellement présent, l'apatite et le zircon sont en quantités accessoires.

inclusions. Pale pink garnets (almandine-pyrope) are in chains of beads (rosary structure), often enclosing cores of iron-titanium oxides embedded in quartz, (plate 14). Biotite coronas surround both the garnet and the elongate iron-titanium oxide minerals. Traces of altered hypersthene and hornblende are rarely observed. Zircon is ubiquitous and apatite is less common. Rutile and spinel intergrown with iron-titanium oxide may also be present.

Oxide Granulites - Of the few specimens studied most have a microaugen microstructure. Microperthite which is moderately dusted with aventurine may be termed a mesoperthite because the exsolved phase and host mineral are in about equal proportions. The iron-titanium oxides are characteristically elongate and seem to be molded on the quartz plates. In polished section the oxides are seen to be an intergrowth of magnetite and ilmenite or hemo-ilmenite. Brown biotite coronas are preferentially developed at oxide-perthite boundaries. A trace of altered pyroxene is usually present and apatite and zircon are found in accessory amounts.

Pétrographie des granulites à hypersthène

Granulites enderbitiques - Les granulites enderbitiques montrent une texture de gneiss micro-oeillé partiellement recristallisé. Des porphyroclastes d'antiperthite (An_{40}) à andésine révèlent des intercroissances inégales

Petrography of the Hypersthene Granulites

Enderbitic Granulites - The enderbitic granulites display a moderately recrystallized microaugen gneiss fabric. Andesine antiperthite (An_{40}) porphyroclasts display the characteristic patchy intergrowths and microperthite is present in

caractéristiques et la microperthite se présente en petites quantités (planche 15). Le quartz est fortement obscurci par le schiller. L'hypersthène (En_{55}) est modérément pléochroïque et de pair avec de petites quantités de diopside, il entoure les porphyroblastes de feldspath. On observe fréquemment de fines intercroissances de schiller et lamellaires dans ces pyroxènes. Les deux pyroxènes montrent un début d'altération en des minéraux semblables à la chlorite tandis que d'autres sont remplacés par de la hornblende et de la biotite. Le grenat s'observe sous forme de couronne autour de l'hypersthène et du minéral accessoire d'oxyde de fer et de titane. Parmi d'autres minéraux, on remarque de l'apatite, du zircon et très peu de spinelle.

Granulites charnockitiques - La majorité de ces granulites montrent une texture micro-oeillée. Les porphyroclastes de microperthite de microcline sont relativement frais et contiennent des cheveux de perthite lesquels peuvent être mésoperthitiques. On note à l'occasion des bordures de myrmékite autour de la microperthite. On retrouve, en quantité secondaire de l'antiperthite d'oligoclase-andésine (An_{32}). Les yeux de feldspath contiennent de petites quantités de schiller et d'aventurine. Le quartz allongé est brouillé de façon caractéristique, par la sagénite et d'autres micro-inclusions. De l'hypersthène modérément pléochroïque (En_{50}) avec du diopside occasionnel se présente sous forme de zones et de bandes courbées et striées. Des structures de schiller et de fines intercroissances lamellaires sont communes dans les pyroxènes. Ces minéraux s'altèrent quelque peu en un minéral ressemblant à de la chlorite et d'autres sont remplacés

minor amounts (Plate 15). The quartz is usually strongly dusted with schiller. Hypersthene (En_{55}) is moderately pleochroic and together with smaller quantities of diopside surrounds the feldspar porphyroclasts. Fine schiller and lamellar intergrowths are frequently observed in these pyroxenes. Both pyroxenes are incipiently altered to chlorite-like minerals and some are replaced by hornblende and biotite. Garnet is observed as coronas around hypersthene and accessory iron-titanium oxide. Other minerals include apatite, zircon and spinel.

Charnockitic Granulites - The majority of these granulites display a microaugen fabric. The microcline microperthite porphyroclasts are relatively fresh and contain hair perthite, which may be mesoperthitic. Occasional myrmekite rims are noted around the microperthite. Oligoclase-andesine antiperthite (An_{32}) is in subsidiary amounts. The feldspar augen contain small amounts of schiller and aventurine. Elongate quartz is characteristically turbid with sagenite and other microinclusions. Moderately pleochroic hypersthene (En_{50}) with occasional diopside is in fine, streaked-out, sweeping zones and bands. Schiller structures and fine lamellar intergrowths are common in the pyroxenes. These minerals show slight alteration to a chlorite-like mineral and some are replaced by a trace of green-brown hornblende and biotite. Garnet when present is in the form of coronas around hypersthene. Fine bands of hypersthene, garnet or chlorite may alternate within a single

par un peu de hornblende et de biotite brun vert. Le grenat est présent sous la forme de couronnes autour de l'hypersthène. De fines bandes d'hypersthène, de grenat ou de chlorite peuvent alterner à l'intérieur d'une seule lame mince (planche 16). Des oxydes de fer et de titane de pair avec quelques sulfures constituent les principaux minéraux accessoires. L'apatite et le zircon sont omniprésents, tandis que le spinelle et le corindon sont rarement sous la forme d'intercroissances et d'inclusions dans les oxydes de fer et de titane.

thin-section (Plate 6). Iron-titanium oxide, occurring with some sulfide are the chief accessories. Apatite, and zircon are ubiquitous and spinel and corundum as intergrowths and inclusions in the iron titanium oxides are rare.

Granulites charnockitiques à hornblende - Ces granulites ont une texture micro-oeillée. Les porphyroblastes de microperthite de microcline sont saupoudrés avec de la séricite et il est rare de retrouver de l'antiperthite. Les feuilles de quartz sont ternies par des microinclusions poussiéreuses. Des grains de hornblende vert pré, fortement pléochroïques lisèrent les porphyroclastes de feldspath. La hornblende peut être faiblement poeciloblastique et est souvent bordée par un peu de biotite. L'hypersthène est présente sous la forme de résidus altérés et rarement sous la forme de couronnes autour de la hornblende. Des oxydes de fer et de titane, de l'apatite et du zircon sont des minéraux accessoires.

Charnockitic Hornblende Granulites - These granulites have a microaugen fabric. The microcline microperthite porphyroblasts are dusted with sericite. Antiperthite is rare. The quartz leaves are clouded with dusty microinclusions. Strongly pleochroic, grass green hornblende grains are in bands surrounding the feldspar porphyroclasts. The hornblende may be slightly poikiloblastic and is often rimmed by a trace of biotite. Hypersthene is present as altered relicts and rarely appears as coronas around the hornblende. Iron-titanium oxides, apatite and zircon are the accessory minerals.

Granulites à diopside - Ces granulites sont surtout des gneiss micro-oeillés. Il est typique de rencontrer de la mésoperthite et elle est faite de perthites grossièrement tressées et entremêlées. Dans la plupart des spécimens, les phases d'exsolution sont concentrées aux bordures des grains (planche 17). Le quartz est modérément terni par des micro-inclusions. Du diopside vert pâle constitue le principal minéral ferromagnésien. Il est caractérisé par une

Diopside Granulites - These granulites are mainly microaugen gneisses. Mesoperthite is typical and is made up of coarse braid and interlocking perthites. In most specimens the exsolved phases are concentrated at the borders of the grains (Plate 17). The quartz is moderately dusted with microinclusions. Pale green diopside is the chief ferromagnesian mineral. It is characterized by a fibrous appearance caused by fine lamellar intergrowths of orthopyroxene.

apparence fibreuse causée par de fines intercroissances lamellaires d'orthopyroxène. Des quantités moindres d'hypersthène peuvent accompagner le diopside et, dans certains cas, l'hypersthène est entouré clairement par le diopside. De la hornblende brun vert et un peu de biotite brune sont secondaires au diopside et aux oxydes de fer et de titane. Les principaux accessoires sont des oxydes de fer et de titane , de l'apatite et du zircon lesquels sont concentrés avec le diopside.

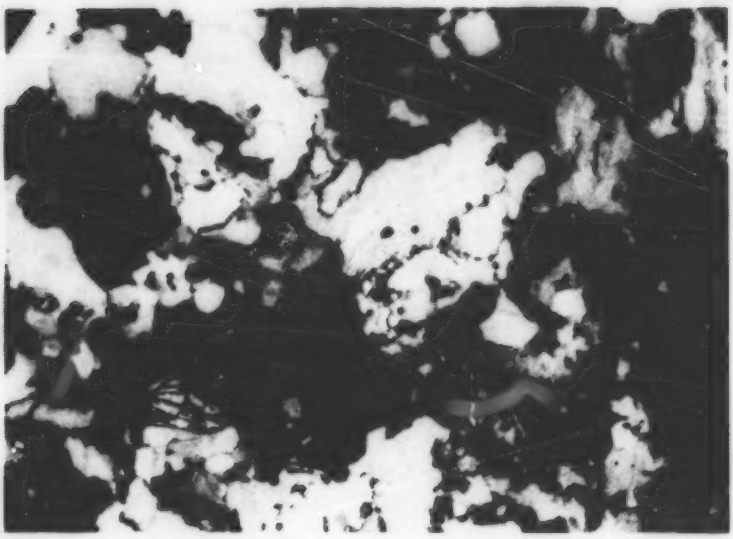
Subsidiary amounts of hypersthene may accompany the diopside and in certain cases the hypersthene is clearly surrounded by the diopside. Green-brown hornblende and traces of brown biotite are secondary after diopside and iron-titanium oxides. The chief accessories are iron-titanium oxides, apatite and zircon which are concentrated with the diopside.

Granulites à hornblende et à biotite - Ces granulites rétrogrades sont recristallisées en des gneiss microgranoblastiques (planche 18). Les bandes de feldspath sont des mosaïques de microcline et d'oligoclase (An_{22}) avec quelques reliques de microperthite. Les plaques de quartz peuvent toujours retenir quelques fines micro-inclusions poussiéreuses. Des paillettes et des rubans de biotite brun verdâtre alternent avec des bandes de feldspath et de quartz. La biotite est souvent embroussaillée par le quartz et le feldspath produisant ainsi des structures poecilloblastiques et myrmékitiques. De la hornblende vert bleu peut être présente et est en quantité prédominante dans quelques spécimens. Des grains de quartz se présentent en petites quantités; il est cependant rare de retrouver des reliques de grains d'hypersthène altéré. On retrouve, parmi les minéraux accessoires, de l'oxyde de fer et de titane,du zircon et un peu d'apatite. Le sphène et l'allanite peuvent être les minéraux associés caractéristiques de ces roches.

Hornblende and Biotite Granulites - These retrograde granulites are recrystallised into microgranoblastic gneisses (Plate 18). The feldspath bands are mosaics of microcline and oligoclase (An_{22}) with a few microperthite relicts. The quartz plates may still retain some fine dusty microinclusions. Greenish brown biotite flakes and ribbons alternate with the feldspar and quartz bands. The biotite is often undergrown with the quartz and feldspar to produce poikiloblastic and myrmekitic textures. Blue-green hornblende may be present and in some specimens is in predominant amounts. Small amounts of garnet grains are usually present. Relict altered grains of hypersthene are rare. Accessories include iron-titanium oxide and zircon and minor amounts of apatite. Characteristic accessories that may be present in these rocks are sphene and allanite.

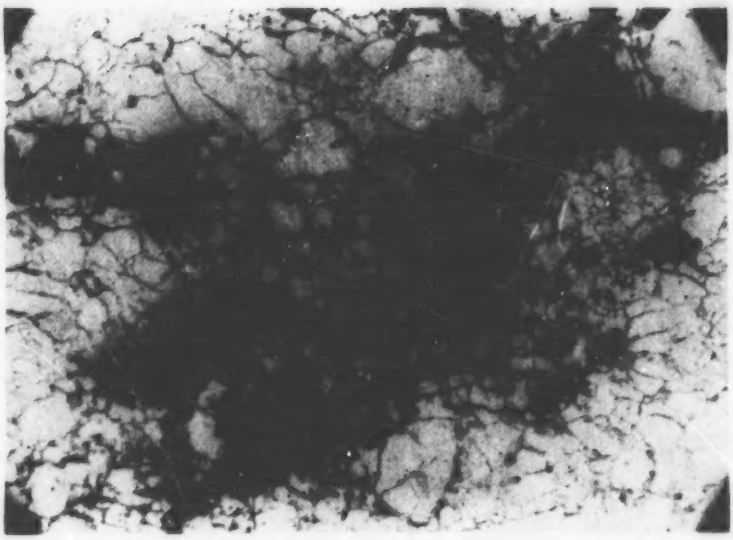
Granulites à chlorite - Ces granulites altérées sont modérément recristallisées en des gneiss microglanduleux. La microperthite excède l'antiperthite (An_{32}) et

Chlorite Granulites - These altered granulites are moderately recrystallized into microflaser gneisses. The microperthite exceeds the antiperthite (An_{32}) and both



Pl. 17 - Granulite à diopside illustrant de la perthite grossière le long des bordures x 40.
Diopside granulite showing the coarse border perthite x 40.

Pl. 18 - Granulite à biotite illustrant des reliques de plaques de quartz. Notez les bordures blanchies aux contacts microcline-oligoclase x 40.
Biotite granulite showing relict quartz plates. Note bleached rims at microcline-oligoclase boundaries x 40.



Pl. 19 - Granulite à chlorite altérée avec de la chlorite pseudomorphe venant de l'hypersthène x 40.
Altered chlorite granulite with chlorite pseudomorphs after hypersthene x 40.

les deux sont ternies par de la séricite. Le quartz contient les micro-inclusions caractéristiques. La chlorite passe d'une couleur vert pâle à brun rouge et est pseudomorphique (des photos au rayon-X montrent des réflexions modérées à 14.16A° et 7.12A°) au pyroxène conservant occasionnellement le schiller de celui-ci (planche 19). La biotite et les oxydes de fer et de titane s'associent communément. Les minéraux accessoires comprennent l'apatite et le zircon.

are dusted with sericite. Quartz contains the characteristic microinclusions. The chlorite mineral varies from pale green to red-brown in colour and is pseudomorphic (X-ray powder photos show moderate reflections at 14.16A° and 7.12A°) after pyroxene, occasionally retaining the pyroxene schiller (Plate 19). Biotite and iron-titanium oxides are common associates. Accessories include apatite and zircon.

Chimie des granulites

Neuf analyses de types représentatifs de granulites sont présentées dans les tableaux 10 et 11 (1, 7, 10, 12, 15, 22, 28 par le Min. Rich. Naturelles du Québec et 19 et 25 par l'auteur). Ces analyses sont comparées avec des roches analogues rapportées des régions classiques bien étudiées, telles que la région des Adirondacks, état de New York (Buddington, 1939), la Saxe en Allemagne (Scheumann, 1936) et l'état de Madras, aux Indes (Howie, 1955).

Chemistry of the Granulites

Nine new analyses of representative types of granulites are presented in Table 10 and 11 (1, 7, 10, 12, 15, 22 28 by Quebec Dept. of Natural Resources and 19 and 25 by author). These analyses are compared with similar rocks reported from the classic well-studied areas, such as the Adirondacks region, New York State (Buddington, 1939) Saxony, Germany (Scheumann, 1936) and Madras State, India (Howie, 1955).

Granulites quartzofeldspathiques - (Tableau 10) - La granulite alaskitique (1) possède une composition s'agençant de très près à celle de la granulite de la Saxe (2), de la charnockite (3) et des gneiss alaskitiques et granitiques (granulites) des Adirondacks (4 et 5) et de la région de Bancroft (6). Egalement similaire en composition on retrouve la granulite à grenat (7) laquelle ressemble aux granulites à grenat du Ceyland (8) et de l'Autriche (9). Elle en diffère que par un contenu légèrement plus faible en alcalins et plus élevé en chaux. La granulite à oxyde (10) est une roche intéressante parce qu'elle est essentiellement une roche à quartz, feldspath et oxyde. En général,

Quartzofeldspathic Granulites (Table 10)- The alaskitic granulite (1) is very near to the composition of the Saxony granulite (2), charnockite (3) and the alaskitic and granitic gneisses (granulites) of the Adirondacks (4 and 5) and the Bancroft area (6). Also similar in composition is the garnet granulite (7) which resembles the garnet granulites of Ceylon (8) and Austria (9). It differs slightly being poorer in alkalis and richer in lime. The oxide granulite (10) is an interesting rock because it is essentially a quartz-feldspar-oxide rock. In general it is similar to the other quartzofeldspathic granulites and to an oxide-rich biotite alaskite (11). The retrograde biotite alaskite granulite (12) contains

elle est semblable aux autres granulites quartzofeldspathiques et à une alaskite à biotite riche en oxydes (11). La granulite à alaskite et à biotite rétrograde (12) contient environ 4% de biotite modale et s'agence en composition à la granulite alaskitique (1) laquelle contient 3% de biotite modale. Cette roche diffère des autres car elle est complètement recristallisée et ne contient pas de microperthite. Elle est semblable aux gneiss alaskitiques des Adirondacks (13 et 14). Toutes les granulites quartzofeldspathiques ont une valeur normative de quartz allant de 30 à 44%. Le corindon également normatif (0.55 à 0.96%) est habituellement présent. Toutes ces roches ont une composition apparente correspondant à celle d'un granite.

about 4% modal biotite and is similar in composition to the alaskitic granulite (1) which contains 3% biotite. This rock differs because it is completely recrystallized and contains no microperthite. It is similar to the alaskitic gneisses of the Adirondacks (13 and 14). All the quartzofeldspathic granulites have a normative quartz value ranging from 30 to 44%. Normative corundum (0.55 to 0.96%) is also usually present. All these rocks have a bulk composition corresponding to that of a granite.

Granulites à hypersthène (Tableau 11) - L'analyse (15) d'une granulite enderbitique montre une composition sizilaire à celle d'une charnockite intermédiaire (16) et d'une mangérite moyenne (18); elle est cependant plus riche en quartz et en oxydes de fer et de titane. L'enderbite de l'Antarctique (17) est plus riche en quartz et possède moins d'orthopyroxène. La composition de la granulite charnockitique (19) ressemble à celle de la granulite de Saxe (20) et de la charnockite acide (21). Une analyse du "gneiss du Mont Tremblant", identifié ici comme une granulite charnockitique à hornblende (22) est semblable à l'analyse originelle de la localité-type (23). Chaque analyse démontre des affinités charnockitiques en composition (24) mais diffère par la présence de hornblende et de biotite dans le mode. La granulite à diopside rétrograde (25) est également de composition charnockitique (26 et 27). On a rapporté de l'hypersthène normatif et quoiqu'une analyse modale en révèle très peu, lorsqu'il est présent,

Hypersthene Granulites (Table 11) - Analysis (15) of an enderbitic granulite is similar in composition to an intermediate charnockite (16) and the average mangerite (18), but is richer in quartz and iron-titanium oxides. The type enderbite from Antarctica (17) is richer in quartz and has less orthopyroxene. The composition of the charnockitic granulite (19) resembles that of the Saxony granulite (20) and acid charnockite (21). An analysis of the "Trembling Mountain Gneiss", termed here charnockitic hornblende granulite (22) is similar to the original analysis of the type locality (23). Both show charnockitic affinities in composition (24) but differ because of the presence of hornblende and biotite in the mode. The retrograde diopside granulite (25) is also of charnockitic composition (26 and 27). Normative hypersthene is reported and although modal analysis reveals little, if any hypersthene, the diopside contains it in the form of exsolution lamellae. The altered chlorite granulite (28) also has a

Tab. 10 - Analyses de granulites quartzofeldspathiques et roches associées
Analyses of Quartzofeldspathic Granulites and Related Rocks

Spec.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SiO_2	76.38	76.00	77.47	76.80	76.41	76.99	76.28	76.25	74.40	74.26	75.42	77.56	77.26	76.20
TiO_2	0.20	0.03	0.26	0.18	0.03		0.15	0.15	0.27	0.44	0.20	0.17	0.16	
Al_2O_3	11.82	12.03	11.00	11.97	12.41	12.45	12.54	11.16	12.92	10.81	11.76	11.92	12.05	12.54
Fe_2O_3	1.31	0.96	1.04	1.22	1.01	1.03	0.46	0.34	0.37	3.65	1.98	0.58	0.81	0.90
FeO	0.93	0.71	2.02	0.86	0.50	0.49	1.23	1.38	1.71	1.81	1.19	0.38	0.63	0.56
MnO	0.04			0.03	0.06		0.07	0.45	0.04	0.05	0.03	0.03	0.01	
MgO	0.17	0.41	0.43	0.17	0.46	0.98	0.19	0.11	0.51	0.30	0.15	0.22	0.16	0.08
CaO	0.78	0.70	1.02	0.53	0.78	0.21	2.10	1.06	1.97	2.09	0.83	0.67	0.45	0.73
Na_2O	3.02	2.09	2.86	3.53	3.34	4.29	2.45	3.75	3.41	2.39	3.34	3.19	3.32	3.57
K_2O	4.40	5.00	4.14	4.38	4.33	3.46	3.62	4.89	4.57	3.22	4.32	4.57	4.90	5.23
H_2O	0.41	0.10	0.20	0.08	0.34		0.42	0.25	0.07	0.51	0.24	0.38	0.11	0.27
P_2O_5	0.02	0.45		0.02		0.26	0.02	0.14	0.04	0.07	0.01	0.01	0.01	
CO_2	0.02	0.20		0.04			0.06			0.04		0.01		
Total	99.50	98.99	100.44	99.81	99.70	100.16	99.59	100.06	100.28	99.64	99.76	99.69	99.87	100.08
Q	40.01		41.22	38.22	37.95		42.85	33.54	29.75	43.51	38.25	39.81	38.16	33.6
or	26.00		24.46	26.13	25.58		21.39	28.91	27.20	19.03	25.58	27.01	28.91	31.1
ab	25.55		24.10	29.34	28.30		20.73	30.39	30.00	20.22	28.30	26.99	27.77	30.4
an	3.61		5.00	2.64	3.89		9.91		6.55	9.25			2.22	2.5
C	0.76			0.56	0.82		0.96				0.92	0.55	0.56	
di								4.77	1.22	0.32				
hy	0.75		3.34	0.66	1.23		2.14	0.66	3.38	0.60	0.60	0.55	0.67	
mt	1.90		1.62	1.86	1.39		0.67		0.38	5.10	3.02	0.81	1.16	1.4
il	0.38		0.61	0.35			0.29	0.30	0.38	0.85	0.38	0.32	0.30	
ap	0.05			0.05			0.05	0.34	0.10	0.17	0.02	0.02	0.02	
cc	0.05						0.14			0.09		0.02		
Q	42.3		40		34.57	37.68	51.3	33.54	62.7	33.8	32.8	39.9		35
Kfl	50.0		48		61.74	54.92	46.4	59.30	18.6	56.2	61.0	55.6		62
Pl			6		2.01	5.00			9.2					1
Cpx														
Opx			3											
Gr	3.9						2.1	6.39	5.9			0.4		
Ho														0.5
Bi	3.0		1		1.13	0.90			2.5		1.9	4.0		1.5
Ox	1.7		2		0.34	1.39	0.2	0.30	1.1	9.7	3.1	0.2		
Acc					0.21			0.34		0.3	1.2			0.2

1 - K29-3 (1) - Alaskitic granulite Anal. Quebec Dept. Natural Resources

2 - Saxony granulite Anal. K.H.Scheumann (1936)

3 - Charnockite, India; Howie (1955) Anal. H.S. Washington

4 - Alaskitic gneiss; Buddington (1957) Anal. D. Thaemlitz

5 - Alaskite; Buddington & Leonard (1962) Anal. E.W. Morley

6 - Granite gneiss; Adams & Barlow (1910) Anal. N. Norton Evens

7 - K26-7 (2) - Garnet granulite Anal. Quebec Dept. Natural Resources

8 - Garnet granulite, Ceylon; Adams (1929) Anal. E.G. Radley

9 - Granulite, Austria Anal. H.G. Scharbert(1964)

10 - F18-8 (3) Oxide granulite Anal. Quebec Dept Natural Resources

11 - Oxide-biotite alaskite, Buddington & Leonard (1962). Anal. L.C. Peck

12 - K27-3 (4) Biotite alaskitic granulite Anal. Quebec Dept. Natural Resources

13 - Alaskitic gneiss; Buddington (1957). Anal. D. Thaemlitz

14 - Biotite alaskite; Buddington & Leonard (1962) Anal. A.F. Buddington

le diopside le contient sous la forme de lamelles d'exsolution. La granulite à chlorite altérée (2%) possède également une composition charnockitique. Le remplacement de l'hypersthène par un minéral chloritique n'a pas semble-t-il changé la composition apparente quoique le contenu en FeO soit plus faible que les roches charnockitiques comparables. La plupart des roches indiquent des valeurs assez élevées de corindon normatif. Toutes les granulites à hypersthène semblent, par leur analyse chimique, leur norme et leur mode, avoir une composition qui se rapproche beaucoup de celle des charnockites. Ces ressemblances chimiques générales sont élaborées plus loin dans la discussion des variations des oxydes dans les granulites.

charnockitic composition (29 and 30). The replacement of hypersthene by a chloritic mineral apparently did not change the bulk composition although FeO is lower than the comparable charnockitic rocks. Most of the rocks report rather high values for normative corundum. All the hypersthene granulites appear, by their chemical analyses, norms and modes, to be very close in composition to the charnockites. These general similarities are further elaborated on in the discussion of the variations of the oxides in the granulites.

Diagrammes de variation -Un diagramme de variation pour les principaux oxydes des granulites est donné à la figure 10. Le pourcentage de poids des oxydes est tracé en fonction de (1/3 SiO_2 + K_2O) - (CaO + MgO + FeO) (méthode de Larsen). Le manque de données chimiques pour les granulites de composition intermédiaire à basique contribue à l'incertitude des positions 0 - + 17.

Variation Diagrams - A variation diagram for the major oxides of the granulites is presented in Fig. 10. The weight percent of the oxides is plotted against (1/3 SiO_2 + K_2O) - (CaO + MgO + FeO) (Larsen method). The lack of chemical data for granulites of intermediate to basic composition makes for uncertainty in the positions 0 - + 17.

Les changements de K_2O, CaO, FeO, P_2O_5 et SiO_2 semblent linéaires tandis que les autres oxydes suivent un tracé de courbe. K_2O et SiO_2 augmentent continuellement vers la limite granitique. Il n'y a qu'une petite variation dans le contenu en Na_2O. Les CaO, MgO, FeO, P_2O_5 et TiO_2 décroissent continuellement vers la limite granitique. Al_2O_3 montre un net déclin dans les roches intermédiaires et s'aplatit à la limite granitique extrême. Ces courbes de variations des principaux

The changes of K_2O, CaO, FeO, P_2O_5 and SiO_2 appear linear, while the other oxides follow a curved path. K_2O and SiO_2 continually increase toward the granitic end. There is only a small variation in the Na_2O. The CaO, MgO, FeO, P_2O_5 and TiO_2 continually decrease toward the granitic end. Al_2O_3 shows a sharp decline in the intermediate rocks and flattens out at the extreme granitic end. These variation curves of the major oxides are, in general, similar to those of the calc-alkali rock series

Tab. 11 - Analyses de granulites à hypersthène et roches associées

Analyses of Hypersthene Granulites and Related Rocks

Specimen	15	16	17	18	19	20	21	22
SiO_2	54.40	54.00	75.50	54.66	76.23	75.44	75.87	71.21
TiO_2	2.32	1.61	0.08	1.09	0.22	0.25	0.05	0.48
Al_2O_3	15.04	15.52	13.92	16.98	12.01	12.00	12.34	14.07
Fe_2O_3	7.68	3.97	0.48	3.26	0.35	0.19	0.57	1.41
FeO	7.00	5.95	1.17	5.38	1.44	2.10	0.25	1.08
MnO	0.17	0.15		0.14	0.02			0.09
MgO	2.62	4.37	0.52	3.95	0.76	0.90	0.09	0.57
CaO	5.37	7.11	3.54	6.99	1.40	1.50	2.33	1.89
Na_2O	3.43	4.36	3.64	3.76	3.17	2.30	3.83	3.94
K_2O	0.74	1.53	0.74	2.76	3.94	4.54	4.98	4.39
H_2O	0.26	0.37	0.15	0.60	0.11	0.10		0.32
P_2O_5	0.55	0.45		0.43	0.05	0.37	0.04	0.12
CO_2	0.02	0.25			0.16	0.14		0.04
Total	99.60	99.64	99.74		99.86	99.83	100.33	99.61
Q	16.47	2.99	42.3	2.0	38.24		34.50	27.12
or	4.37	9.05	4.5	16.7	23.28		29.47	25.94
ab	29.02	36.90	30.9	31.9	26.82		32.49	33.33
an	22.93	18.16	17.5	21.1	5.61		1.67	7.73
C	0.19		0.6					
di		11.36		19.8			0.43	0.49
hy	9.48	10.70	2.9		3.92			1.32
mt	11.14	5.75	0.7	4.9	0.51		0.93	2.04
il	4.44	3.04	0.2	2.1	0.42			0.91
ap	1.32	1.01		1.0	0.12			0.29
cc	0.05				0.36			0.09
Q	24.9	6.1	42.5		25.4		23.70	38.6
Kfl	0.5	3.8	4.5		64.1		61.58	53.3
Pl	50.3	52.9	48.5					
Cpx		13.7					3.66	
Opx	12.8	5.5	3.0		4.9		8.85	0.8
Gr	tr				tr			
Ho		1.4						3.2
Bi		7.9						2.1
Ox	10.3	4.6	1.0		4.4		1.45	2.0
Acc	1.2	1.1			1.2		0.34	

15 - F21-6 (5) - Enderbitic granulite
Anal. Quebec Dept. Natural Res.

16 - Intermediate charnockite, India,
Howie (1955). Anal. J.H. Scoon

17 - Enderbite, Enderby Land
Anal. C.E. Tilley (1937)

18 - Average mangerite. Anal.
S.R. Nockolds (1954)

19 - K59-2 (6) Charnokitic granulite
Anal. M. Katz

20 - Saxony granulites; Schuller (1948)
Anal. K.H. Scheumann

21 - Acid charnockite, Ceylon; Adams
(1929) Anal. J.T. Donald

22 - F29-2 (7) Charnockitic hornblende
granulite. Anal. Que. Dept. Nat. Res.

Tab. 11 (suite/*cont'd*)

Specimen	23	24	25	26	27	28	29	30
SiO_2	69.24	71.73	66.82	67.43	66.40	67.06	66.58	65.95
TiO_2	0.62	0.62	0.51	0.40	0.39	0.84	2.92	0.99
Al_2O_3	14.85	14.76	15.82	15.78	16.05	14.64	14.52	15.27
Fe_2O_3	2.62	1.05	1.65	1.63	0.66	2.50	2.96	1.12
FeO		1.34	2.05	1.70	3.34	3.20	3.44	4.86
MnO	0.45	0.08	0.09	0.04	0.05	0.11	0.05	0.22
MgO	0.97	0.44	1.15	0.68	2.01	1.16	1.04	2.70
CaO	2.10	2.62	3.15	2.33	3.45	3.02	2.90	2.95
Na_2O	4.30	4.46	4.21	3.80	5.67	3.77	2.11	3.74
K_2O	4.33	3.28	3.62	5.86	1.11	2.83	2.78	2.06
H_2O	0.70	0.04	0.21	0.21	0.43	0.30	0.29	0.25
P_2O_5			0.15	0.25	0.30	0.23	0.08	
CO_2			0.18			0.02		
Total	99.56	100.42	99.64	100.09	99.86	99.68	99.86	100.11
Q		27.30	20.10	17.64	17.21	25.64	35.76	22.92
or		19.46	21.39	34.47	6.59	16.72	16.68	12.32
ab		37.73	35.62	31.96	48.11	31.89	17.82	31.44
an		10.56	13.57	8.90	15.02	13.36	13.62	14.73
C						0.48	2.96	1.53
di			0.07	1.14	0.08			
hy		0.76	4.55	2.32	10.03	5.46	3.39	13.53
mt		1.62	2.39	2.32	0.95	3.62	4.41	1.62
il		1.22	0.98	0.76	0.75	1.67	5.47	1.98
ap			0.36	0.54	0.69	0.55	0.34	
cc			0.41			0.05		
Q		26.5	17.0	20.8	21.43	20.0		23.8
Kfl		47.5	72.9	34.4				
Pl		20.0		31.1	60.25	58.3		32.2
Cpx			5.4	2.1	1.50			
Opx		3.0		4.9	2.75	17.2		12.3
Gr						tr		12.6
Ho			0.7	1.7				
Bi			0.2	1.0	13.42			1.0
Ox		3.0	3.8	3.4		4.5		1.1
Acc			0.6	0.68				0.7

23 - Mt. Tremblant Gneiss; Adams (1896)
Anal. W.C. Adams

24 - Charnokite, India; Howie (1955)
Anal. C. Rajagopalan

25 - K57-4 (8) - Diopside granulite
Anal. M. Katz

26 - Acid intermediate charnockite
Anal. R.A. Howie (1955)

27 - Charnockite, Turku, Finland
Anal. A. Heitanen (1947)

28 - K19-8 (9) - Chlorite granulite
Anal. Quebec Dept. Nat. Res.

29 - Charnockite, Ceylon; Adams (1929)
Anal. H.S. Washington

30 - Charnockite, India, Subramanian (1959) Anal.

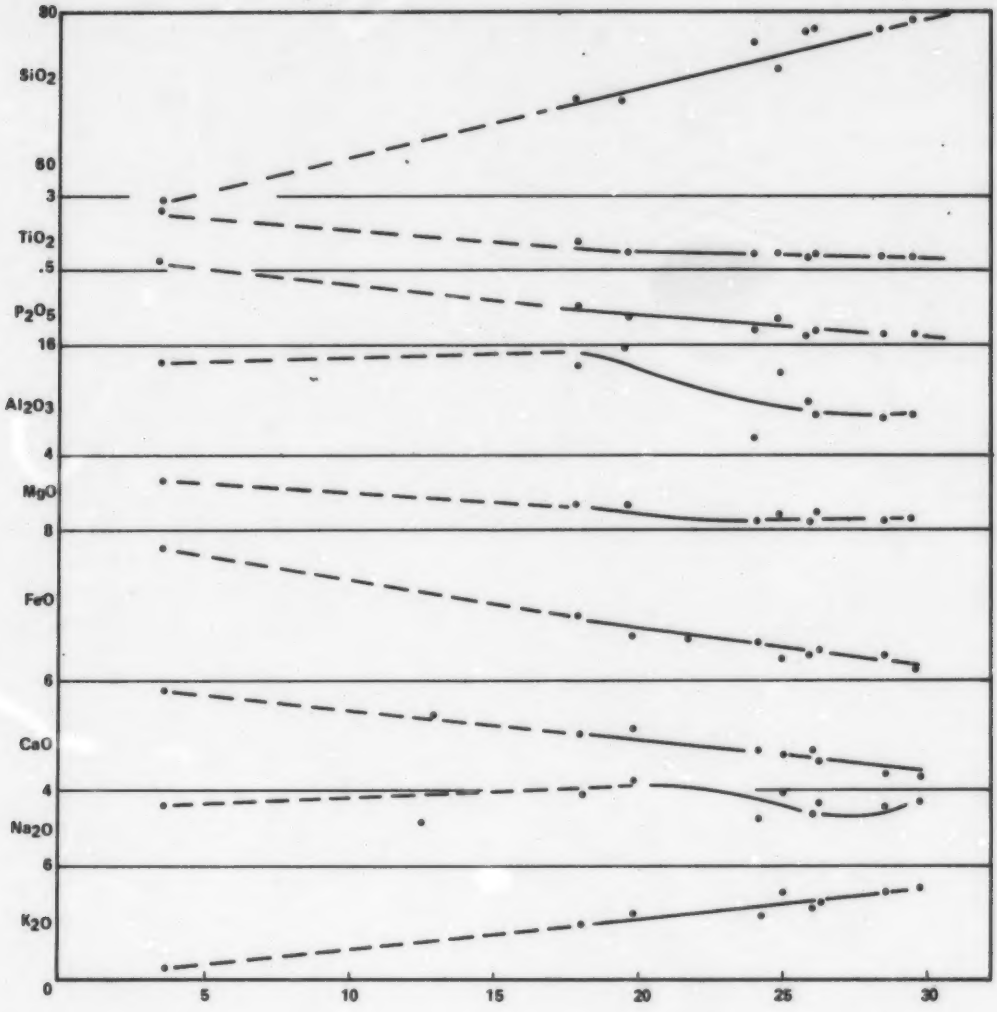


Figure 10 Diagramme de variation des principaux oxydes des granulites

Variation diagram of the principals oxides of the granulites

oxydes sont, en général, semblables à celles de la série des roches calco-alcalines (Nockolds et Allen, 1958) et de la série charnockitique des Indes (Howie, 1955, p. 735) quoique la dernière soit exprimée sous la forme de cations.

Un diagramme ternaire (figure 11) a également été préparé et il montre des variations en $FeO + Fe_2O_3$; - $Na_2O + K_2O$; - MgO et K_2O; - Na_2O; - CaO. Les roches analysées peuvent être rapportées le long de deux courbes différentes, l'une correspondant aux granulites à hypersthène, plus riche en MgO et Na_2O, et l'autre comprenant les granulites quartzofeldspathiques qui sont relativement riches en K_2O. Ceci indique que les deux types de granulites ont des compositions différentes et peuvent n'avoir aucun rapport entre eux. Il y a une convergence marquée de ces deux granulites aux extrémités alcalines et la granulite alaskitique à biotite rétrograde marque la convergence des deux tendances. Les études des roches de l'Inde, quoique restreintes aux charnockites, montrent également deux tendances (Howie, 1955, p. 736). On n'a pas effectué d'études sur les granulites de Saxe qui sont surtout quartzofeldspathiques.

Eléments mineurs - Les analyses de huit (8) oxydes mineurs et d'éléments ont été faites pour sept granulites par les laboratoires du ministère des Richesses naturelles du Québec (1, 7, 10, 12, 15, 22, 29, Tableau 12) et on a dessiné des diagrammes de variation de quelques-unes de ces dernières en utilisant la méthode de Larsen (figure 12).

Le plus abondant des oxydes mineurs est le BaO (400-2000 ppm) et on considère (la majeure partie des

(Nockolds and Allen, 1958) and to the charnockitic series of India (Howie, 1955, p. 735), although the latter are expressed as cations.

A ternary diagram (Fig. 11) was also prepared which shows variations in $FeO + Fe_2O_3$; - $Na_2O + K_2O$; - MgO and K_2O; - Na_2O; - CaO. The analyzed rocks fall along two distinct linear curves; one corresponding to the hypersthene granulites, higher in MgO and Na_2O and one including the quartzofeldspathic granulites relatively rich in K_2O. This indicates that the two types of granulites have different compositions and may not be related. There is a marked convergence of these two granulites at the extreme alkali end and the retrograde biotite alaskitic granulite marks the convergence of both trends. The studies of the rocks of India, although confined to the charnockites, also show two trends (Howie, 1955, p. 736). No comparable studies have been made from the granulites of Saxony, which are in the main, quartzofeldspathic.

Minor Elements - The analyses of eight minor oxides and elements were performed on seven granulites by the Quebec Dept. of Natural Resources (1, 7, 10, 12, 15, 22, 29, Table 12) and variation diagrams of some of these are presented in Fig. 12 (Larsen method).

BaO is the most abundant of the minor oxides (400-2000 ppm) and is considered (by most investigators) to be

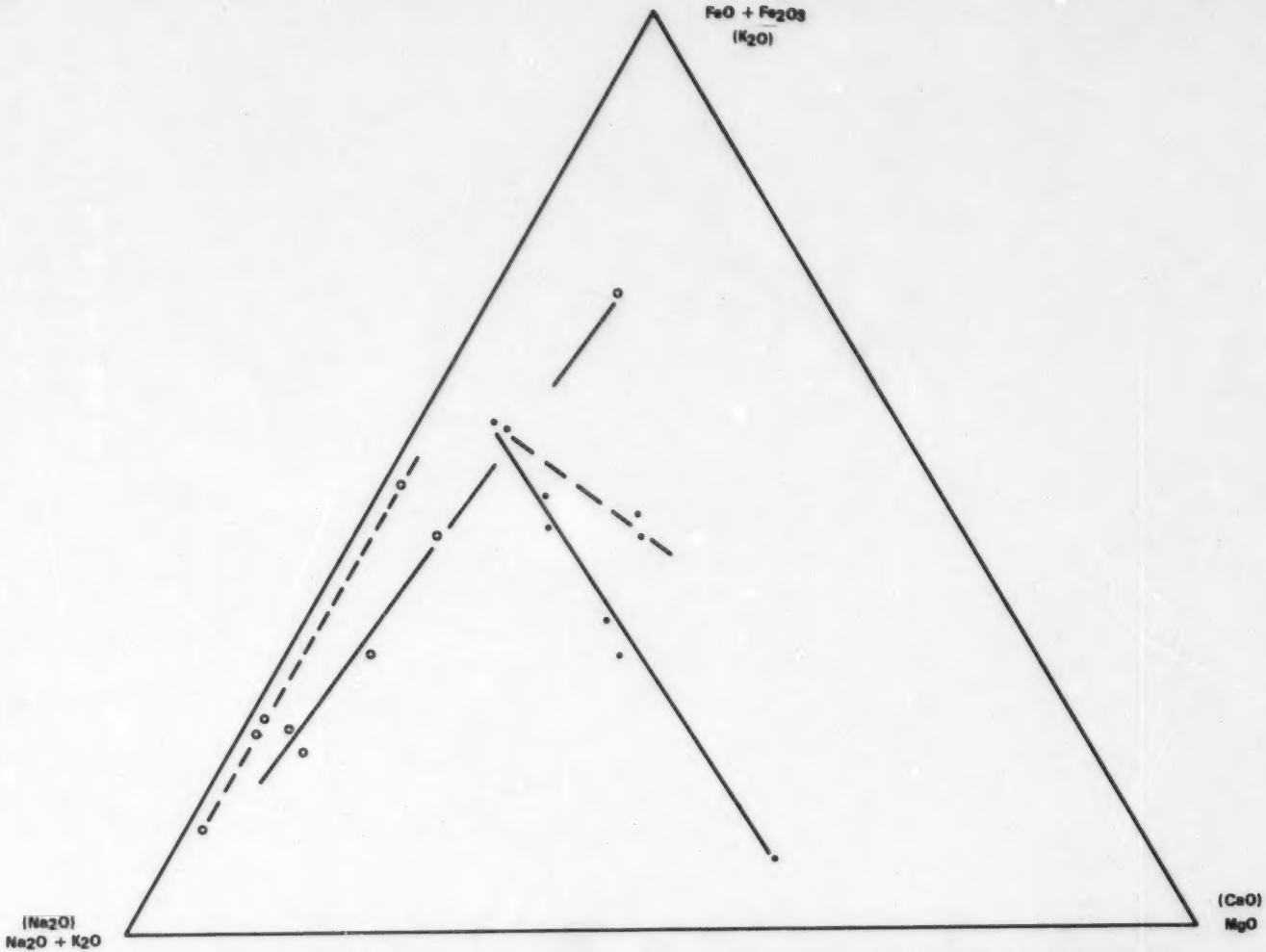


Figure 11 Diagramme de variation pour les granulites. Les lignes pointillées réfèrent aux granulites quartzofeldspathiques et les lignes pleines aux granulites à hypersthène. Les cercles ouverts réfèrent aux variations en $FeO + Fe_2O_3 - Na_2O + K_2O - MgO$ et les points aux variations en $K_2O - Na_2O - CaO$.

Variation diagram for the granulites. Dashed line refers to the quartzofeldspathic granulites and solid line to the hypersthene granulites. Open circles refer to variations in $FeO + Fe_2O_3 - Na_2O + K_2O - MgO$ and dots to variations in $K_2O - Na_2O - CaO$.

B-1145

investigateurs) qu'il est concentré avec le K_2O dans des feldspaths potassiques et dans de la biotite. La quantité de BaO dans une série de roches augmente continuellement jusqu'à ce qu'elle atteigne un maximum dans la roche granitique. Dès lors, elle s'abaisse fortement pour atteindre son minimum à la limite extrême du granite. Le SrO est habituellement accaparé par du CaO et on le rencontre dans le plagioclase. Le V_2O_5 est rattaché à du fer et on le retrouve dans de la magnétite et dans des pyroxènes. On considère que le ZrO est surtout présent dans du zircon. Tous ces oxydes montrent une régression générale vers l'extrémité granitique. Le Cr_2O_3, lequel se concentre dans les minéraux foncés, montre une faible variation d'un bout à l'autre de la série. Il augmente graduellement pour atteindre un maximum dans les roches granitiques et décroît légèrement à l'extrémité granitique.

Toutes ces variations sont également consistantes dans les roches calco-alcalines et dans les charnockites. L'augmentation apparente en Cr_2O_3 vers l'extrémité granitique est anormale et n'est pas caractéristique des variations en Cr_2O_3 provenant des suites de roche ci-haut mentionnées.

La quantité du fluor (80-600 ppm) et de chlore (100-500 ppm) n'est pas anormale (Correns, 1956). Ces éléments sont concentrés dans l'apatite, et le fluor peut également être substitué pour (OH), dans des amphibolites et dans des micas.

concentrated with K_2O in potash feldspar and biotite. The amount of the BaO in rock series increases continuously until it reaches a maximum in the granitic rocks. It then declines steeply and reaches its lowest value in the extreme granitic end. SrO is usually captured by CaO and is present in the plagioclase. V_2O_5 follows iron and is found in magnetite and pyroxenes. ZrO is considered to be mainly present in zircon. All these oxides show a general decline toward the granitic end. Cr_2O_3 which is concentrated in the dark minerals show small variation throughout the series. It gradually increases to reach a maximum in the granitic rocks and declines slightly in the extreme granitic end.

All of these variations are again consistent with the calc-alkali rocks and charnockites. The apparent increase in Cr_2O_3 toward the granitic end is anomalous and not characteristic of Cr_2O_3 variations from the above rock suites.

The amount of fluorine (80-600 ppm) and chlorine (100-500 ppm) is not abnormal (Correns, 1956). These elements are concentrated in apatite and the fluorine may also substitute for (OH) in amphiboles and micas.

Tab. 12 - Oxydes mineurs dans les granulites

Minor Oxides in the Granulites

(rapportés en parties par million (ppm) - référer aux tableaux 10 et 11 pour les numéros d'échantillon/*reported in parts per million (ppm) - sample numbers refer to Tables 10 and 11)*

	1	7	10	12	15	22	28
F	600	200	80	100	200	100	300
Cl	200	200	500		200	100	100
S	60	120	60	40	120	200	100
Cr_2O_3	40	70	40	100	30	60	60
BaO	400	1600	1400	2000	1200	300	1800
SrO	500	400	60	200	70	30	400
V_2O_5	200	50	40	40	80	20	70
ZrO_2	800	500	500	300	300	200	700

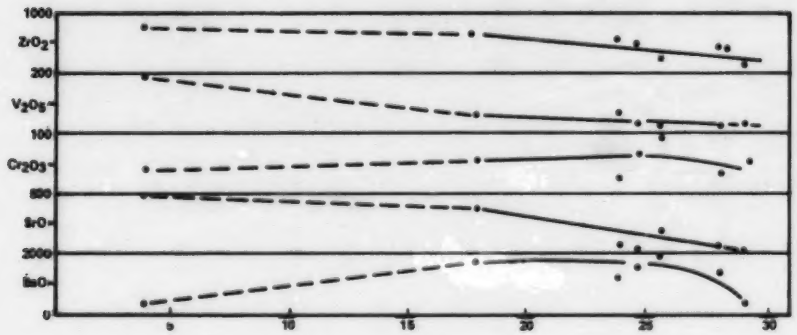


Figure 12 Diagramme de variation pour les oxides mineurs

Variation diagram of minor oxides

Série de Morin

La série de Morin est composée de roches intrusives qui recoupent le groupe de Grenville et les granulites; elle représente l'événement igné à grande échelle le plus jeune de la région. Le groupe de Buckingham (série de Morin) est constitué de membres d'anorthosite, de gabbro, d'enderbite, de mangérite

Morin Series

The Morin Series is composed of igneous rocks, intrusive into both the Grenville Group and the granulites, and represents the youngest large scale igneous event in the area. Members of the Buckingham Group of the Morin Series are anorthosite, gabbro, enderbite, quartz mangerite, quartz monzonite, and

quartzifère (c'est le membre le plus important), de monzonite quartzifère et de granite. Les limites de ce groupe sont nettes, bien définies et remarquablement délimitées par des escarpements proéminents. Des brèches intrusives et des zones de migmatites sont fréquentes, mais on ne rencontre que rarement des contacts lithologiques. Les gneiss et granulites environnants laissent voir un contact modérément étendu ainsi que des caractéristiques métamorphiques et métasomatiques. Il est rare de retrouver des dykes et des filons-couches du groupe de Buckingham qui recoupent les gneiss environnants.

granite. The quartz mangerite is the most prominent member. The boundaries of the Buckingham Group are sharp, well-defined, and conspicuously outlined by prominent cliff scarps. Intrusive breccias and migmatite zones are common, but actual lithological contacts are rare. The surrounding gneisses and granulites show moderately extensive contact metamorphic and metasomatic features. Dikes and sills of the Buckingham Group intruding the surrounding gneisses and granulites are rare.

Au point de vue structural, les roches de mangérite quartzifère s'orientent vers le nord et se présentent sous la forme de masses allongées qui sont généralement concordantes avec la structure des gneiss environnants. Elles forment, dans la partie sud de la région, un anneau autour de la masse d'anorthosite de Morin du sud. Les roches des masses allongées sont de façon caractéristique fortement déformées en des gneiss oeillés et glanduleux tandis que dans l'anneau ci-haut mentionné, elles ne sont que relativement peu déformées et porphyriques.

Structurally the quartz mangerite rocks are north-trending elongated bodies, generally concordant with the structure of the surrounding gneisses. In the southern portion of the area they form an annulus around the Morin anorthosite body to the south. The rocks in the elongated bodies characteristically are highly deformed into augen and flaser gneisses. In the annulus they are relatively undeformed and porphyritic.

La partie supérieure de la série de Morin du groupe de Pine Hill est constituée de roches de composition charnockitique ou granitique et quelques-unes d'entre elles affichent des traits similaires à la texture rapakivi. Elles sont typiquement associées à la présence de masses circulaires ayant l'aspect d'un stock. Des roches semblables (d'origine douteuse) mais n'ayant pas les caractéristiques charnockitiques, sont associées avec celles-ci et semblent passer graduellement aux mangérites quartzifères. Les gneiss et les granulites environnants démontrent les effets de métasomatose de contact bien développée.

The upper part of the Morin Series of the Pine Hill Group consists of rocks of charnockitic or granitic composition, some of which display features similar to the rapakivi texture. They typically occur in circular stock-like bodies. Similar rocks of dubious origin, but without the charnockitic characteristics, are associated with and seem to grade into the quartz mangerites. The surrounding gneisses and granulites show well-developed contact metasomatic effects.

Quelques dykes et filons-couches des roches du Pine Hill recoupent les gneiss et les granulites environnants. Des dykes aplitiques et pegmatitiques ainsi que des filons-couches, pouvant être reliés au groupe de Pine Hill, sont largement répandus dans toute la région et ils recoupent toutes les roches à l'exception de la diabase.

A few dikes and sills of Pine Hill rocks are intruded into the surrounding gneisses and granulites. Aplitic and pegmatitic dikes and sills which may be related to the Pine Hill Group are widespread throughout the area and cut all rocks except the diabase.

Les roches du Pine Hill sont remarquablement porphyriques et quelque peu déformées. On peut noter une foliation qui apparaît sous la forme d'une structure "fluidale" et elle est généralement concordante avec la bordure de la masse. Toutes les roches de la série de Morin, y compris les syénites du Pine Hill, s'apparentent et on assume qu'elles sont le produit d'une différenciation magmatique. (Osborne et McGerrigle, 1938, p. 11, 17-19).

The Pine Hill rocks are conspicuously porphyritic and only slightly deformed. A foliation is apparent as a "fluxion-like" structure and it is in general, concordant with the outline of the body. All rocks of the Morin Series including the Pine Hill syenites are related and are assumed to be a product of magmatic differentiation (Osborne and McGerrigle, 1938, p. 11, 17-19).

Une brève description des membres importants que l'on a retrouvés dans la région est présentée ci-après; on a fourni en plus trois analyses de roches de la série de Morin.

A brief description of the important members found in the area is presented below. In addition three new analyses of rocks of the Morin Series are given.

Groupe de Buckingham

Buckingham Group

On a reconnu plusieurs variétés de roches du groupe de Buckingham lors des études pétrographiques (tableau 13). La majeure partie de ces roches appartiennent à la famille de l'anorthosite et sont riches en hypersthène. On considère qu'elles sont stables dans le faciès granulite. Des roches associées semblables ne contiennent pas d'hypersthène et leurs principaux minéraux ferromagnésiens sont de la hornblende et de la biotite.

Several varieties of rocks of the Buckingham Group have been recognized in the petrographic studies (Table 13). Most of these rocks belong to the anorthosite kindred, are hypersthene-bearing and are considered to be stable in the granulite facies. Similar related rocks are free from hypersthene and contain hornblende and biotite as their chief ferromagnesian minerals.

Tab. 13 - Roches du groupe de Buckingham et leurs assemblages minéralogiques
Buckingham Group Rocks and their Mineral Assemblages

Types	Assemblages minéralogiques *Mineral Assemblages*	Sous-champs *Sub-Fields* (Fig. 6)	Remarques *Remarks*
1- Anorthosites et gabbros *Anorthosites and gabbros*	A.P. ± Hy-Di	2.a	rare-commun *rare common*
2- Enderbites et mangérites quartzifères *Enderbites and quartz mangerites*	Q-(A.P.-M.P.)-Hy-Di-Hc+Gr	2.a-b	fréquent *frequent*
3- Monzonites quartzifères à hornblende et granites *Hornblende quartz monzonites and granites*	Q-M.P.-A.P.-Ho±Bi	2.a	commun *common*

Les anorthosites et les gabbros ont une microstructure de gneiss en mortier. Les enderbites, les mangérites quartzifères et les monzonites quartzifères à hornblende qui leur sont apparentées, ainsi que les granites ont une microstructure en mortier ou oeillée qui est caractéristique.

Au microscope, toutes ces roches sont remarquables dû à leurs porphyroblastes d'antiperthite (labradorite dans l'anorthosite et andésine dans les autres) et de microperthite. Les grains d'antiperthite d'andésine (An_{32}) sont, d'une façon caractéristique, entourés par des manteaux de microperthite. Le feldspath et le quartz sont ternis par des myriades d'inclusions aplaties et d'aiguilles élancées. Il est fréquent de retrouver de la micropegmatite et de la myrmékite dans les zones de mortier recristallisées. De l'hypersthène (En_{65}) modérément pléochroïque, de couleur vert pâle à rose, et de l'augite de couleur vert pâle, révèlent des structures de schiller et de fines intercroissances

The anorthosites and gabbros have a mortar gneiss microstructure. The enderbites, quartz mangerites and related hornblende quartz monzonites and granites have a characteristic mortar or augen microstructure.

All these rocks are microscopically conspicuous because of the porphyroblasts of antiperthite (labradorite in the anorthosite and andesine in the others) and microperthite. The andesine (An_{32}) antiperthite grains are characteristically surrounded by mantles of microperthite. The feldspar and quartz are clouded with myriads of platey inclusions and slender needles. Micropegmatite and myrmekite are often found in the recrystallized mortar zones. Hypersthene (En_{65}), moderately pleochroic, from pale green to pink and pale green augite display schiller structures and fine lamellar intergrowths. The pyroxenes are altered in varying degrees to chlorite and carbonate. Dark greenish brown, poikiloblastic hornblende is associated

lamellaires. Les pyroxènes sont altérés à divers degrés en de la chlorite et du carbonate. De la hornblende brun verdâtre foncé, poeciloblastique est associée avec les pyroxènes. De la biotite brun rouge à brune apparaît comme minéral secondaire remplaçant la périphérie de la hornblende et/ou des oxydes de fer et de titane. Le grenat, lorsque présent,se trouve invariablement sous la forme de couronnes autour des pyroxènes de la hornblende et des oxydes de fer et de titane. Les accessoires, lesquels comprennent de l'oxyde de fer et de titane, des sulfures, de l'apatite et du zircon, se concentrent dans les zones riches en pyroxènes.

with the pyroxenes. Brown to red-brown biotite is a secondary mineral peripherally replacing hornblende and/or iron-titanium oxides. Garnet, when present, is invariably found as coronas around pyroxenes, hornblende and iron-titanium oxides. The accessories, which include iron-titanium oxide, sulfides, apatite and zircon; are concentrated in the pyroxene-rich zones.

Groupe de Pine Hill

On a observé quatre types pétrographiques des roches du Pine Hill (tableau 14). Les assemblages minéralogiques de 1- et 2- appartiennent au faciès granulite et celui de 3- est du grade de faciès amphibolite.

La microstructure des charnockites et des granites à hornblende sont des gneiss porphyriques ou en mortier. Les granites à biotite et les alaskites sont porphyroblastiques avec quelques caractéristiques de mortier superposées.

Les phénocristaux, porphyroclastes et porphyroblastes de microperthite sont entourés de façon typique par des bordures de myrmékite. De la microperthite et du quartz sont tous deux ternis par des myriades de micro-inclusions alignées. L'hypersthène est faiblement pléochroïque et s'associe avec un peu d'augite. Les grains schillerisés ont une apparence fibreuse due au développement abondant de structures lamellaires. Les pyroxènes s'altèrent en chlorite et en carbonate. De la

Pine Hill Group

Four petrographic types of Pine Hill Group rocks have been observed (Table 14). The mineral assemblages of 1- and 2- are of the granulite facies and 3- is of the amphibolite facies grade.

The microstructure of the charnockites and hornblende granites are porphyritic or mortar gneisses. The biotite granites and alaskites are porphyroblastic with some surimposed mortar features.

The microperthite phenocrysts, porphyroclasts and porphyroblasts are typically surrounded by rims of myrmekite. Both microperthite and quartz are clouded with myriads of aligned microinclusions. The hypersthene is weakly pleochroic and is associated with subsidiary amounts of augite. The schillerized grains gave a fibrous appearance due to the profuse development of lamellar structures. The pyroxenes are altered to chlorite and carbonate. Dark green, poikiloblastic hornblende replaces relict

hornblende vert foncé et poeciloblastique remplace des restes de pyroxène. De la symplectite brun verdâtre, de biotite et de quartz se présente en diverses quantités, remplaçant de la hornblende. Il est rare de retrouver du grenat sous la forme de couronnes autour du pyroxène et des oxydes de fer et de titane. Les minéraux accessoires présents comprennent des oxydes de fer et de titane, des sulfures, de l'apatite et du zircon. Le sphène est commun dans les granites porphyroblastiques à biotite et à l'occasion s'accompagne d'allanite. On a identifié de la tourmaline dans les pegmatites.

pyroxene. Greenish brown biotite-quartz symplektite is present in varying amounts replacing hornblende. Garnet is rare as coronas around pyroxene and iron-titanium oxides. Accessory minerals present include iron-titanium oxides, sulfides, apatite and zircon. Sphene is common in the biotite porphyroblastic granites and is occasionally accompanied by allanite. Tourmaline has been noted in the pegmatites.

Tab. 14 - Roches du groupe de Pine Hill et leurs assemblages minéralogiques
Pine Hill Group Rocks and their Mineral Assemblages

Types	Assemblages minéralogiques *Mineral Assemblages*	Sous-champs *Sub-Fields*	Remarques *Remark*
1- Charnockite *Charnockite*	M.P.-A.P.-Q-Hy±Di-Ho-Gr-Bi	2.a	commun *common*
2- Granite à hornblende *Hornblende granite*	M.P.-Q-Ho-Bi±Px	2.a	commun *common*
3- Granite à biotite *Biotite granite*	M.P.-Q-Bi-Ho±Px-Gr-Sph		rare *rare*
4- Alaskite *Alaskite*	Q-M.P.		commun *common*
5- Pegmatite et aplite *Pegmatite and aplite*	Q-M.P.-Pl		commun *common*

Chimie de la série de Morin

On a effectué trois nouvelles analyses de roches de la série de Morin lesquelles sont énumérées dans le tableau 15. Ces analyses ont été faites dans le but de les comparer avec des roches que l'on considère comme co-magmatique et avec les granulites.

Chemistry of the Morin Series

Three new analyses of rocks of the Morin Series presented in Table 15 were made to compare with rocks considered to be comagmatic and with the granulites.

Groupe de Buckingham - (Tableau 15, no 1-5) - Une nouvelle analyse (1) fut effectuée sur un gneiss oeillé de mangérite quartzifère. Cette roche est de composition similaire, quoique plus riche en quartz comparativement à quelques charnockites intermédiaires de l'Inde (2 et 3) et aux syénites à pyroxène des Adirondacks (4 et 5).

Groupe de Pine Hill - (Tableau 15, nos 6-15) - On a effectué deux nouvelles analyses sur des roches que l'on considère comme appartenant au groupe de Pine Hill. La charnockite (6) est plus riche en quartz et contient moins de diopside que la mangérite quartzifère (7). Elle ressemble cependant beaucoup à la granodiorite à hypersthène (10) du Québec et aux syénites des Adirondacks (8 et 9). L'alaskite (11) ressemble aux granites du stage supérieur des Adirondacks (12, 13, et 14) et au granite de Roberval de la région du Lac St-Jean (15). La plupart de ces roches possèdent des quantités substantielles de corindon normatif.

Dans le but de comparer ces analyses avec celles des granulites, les oxydes ont été rapportés sur un diagramme de variation ternaire, semblable à celui utilisé pour les granulites (figure 11). Les trois analyses se situent sur une ligne droite telle que l'indique la figure 13. Quand ce diagramme est superposé sur la figure 11, les lignes de variation intersectent et recoupent les lignes de granulite quartzofeldspathique; elles sont à peu près parallèles aux lignes de granulite à hypersthène, mais sont plus pauvres en MgO et plus riches en K_2O. Ceci indique que les roches de la série de Morin ont une composition différente des granulites et auraient apparemment aucun lien avec ces dernières.

Buckingham Group (Table 15, No. 1-5)- One new analysis (1) was made on a quartz mangerite augen gneiss. This rock is similar in composition, but richer in quartz compared with some of the intermediate charnockites of India (2 and 3) and the pyroxene syenites of the Adirondacks (4 and 5).

Pine Hill Group - (Table 15, No. 6-15) - Two new analyses were made on rocks considered to be of the Pine Hill Group. The charnockite (6) is richer in quartz and contains less diopside than the quartz mangerite (7). It is however quite similar to the hypersthene granodiorite (10) of Quebec and the syenites of the Adirondacks (8 and 9). The alaskite (11) resembles the late state granites of the Adirondacks (12, 13 and 14) and the Roberval granite of the Lake St. John area (15). Most of these rocks show substantial amounts of normative corundum.

To compare these analyses with those of the granulites, the oxides were plotted on a ternary variation diagram similar to that used for the granulites (Fig. 11). The three analyses fall on a straight line as shown in Fig. 13. When this diagram is superimposed on Fig. 11 the variation lines intersect and cross the quartzofeldspathic granulite lines, and are approximately parallel to the hypersthene granulite lines, but are poorer in MgO and rich in K_2O. This indicates that the rocks of the Morin Series are different in composition from the granulites and apparently are unrelated to them.

Tab. 15 - Analyses des roches de la série de Morin et des roches associées
Analyses of Rocks of the Morin Series and Related Rocks

Specimen	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO_2	60.88	59.77	59.17	60.51	61.01	66.45	63.60	66.59
TiO_2	0.82	0.96	0.99	1.52		0.90	1.30	0.81
Al_2O_3	15.44	14.83	15.53	14.16	15.36	14.72	14.94	14.54
Fe_2O_3	1.97	2.20	2.03	1.60	2.98	2.40	1.91	2.42
FeO	6.24	7.01	5.40	8.02	7.77	3.10	4.28	2.43
MnO	0.14	0.13	0.06	0.17	0.08	0.06	0.11	0.23
MgO	1.51	4.31	2.94	1.17	0.78	0.82	1.19	1.18
CaO	5.26	4.24	5.68	4.14	4.05	3.05	3.66	2.15
Na_2O	3.36	3.88	4.22	3.47	3.68	3.17	3.49	3.08
K_2O	2.89	1.39	3.19	4.38	3.90	3.94	5.03	5.62
H_2O	0.17	0.09	0.11	0.10	0.49	0.27	0.32	0.46
P_2O_5	0.64	0.24	0.47	0.58		0.29	0.49	0.40
CO_2	0.20	0.30				0.44		
Total	99.52	99.58	99.82	9.82	100.10	99.61	100.32	99.91
Q	15.60	13.90	6.60	11.07	10.86	26.13	14.85	20.82
or	17.08	8.15	18.90	26.13	22.80	23.28	29.73	33.36
ab	28.42	32.88	35.63	28.82	31.44	26.82	29.53	26.20
an	18.50	17.66	13.90	10.15	13.62	10.46	10.25	8.62
C		0.49				1.40		
di	1.84		9.40	6.12	5.58		3.95	
hy	11.56	19.45	9.26	10.96	10.84	4.37	5.32	4.48
mt	2.86	3.20	3.02	2.32	4.41	3.48	2.77	3.48
il	1.57	1.82	1.98	2.89		1.72	2.47	1.52
ap	1.53	0.54	1.11	1.34		0.69	1.16	1.01
cc	0.45	2.00				1.00		
Q	16.3	8.7	5.0	11.1	9.47	27.8	13.0	20.0
Kfl	28.5	7.4	26.2	38.2	58.07	47.6	40.0	30.0
Pl	29.1	61.2	49.7	24.9	6.04	18.9	33.0	40.0
Cpx	4.9		6.2	7.9	6.83	0.6	5.0	
Opx	10.4	17.6	8.3	6.4	3.01	1.3	5.0	
Gr					4.50	tr		
Ho		0.1		6.2	6.01			3.0
Bi		o.1						5.0
Ox	8.7	4.6	4.4	3.6	4.33	3.3	4.0	1.0
Acc	2.1	0.3	0.2	1.7	1.90	0.6		1.0

1 - K16-5 (11) - Quartz mangerite
Anal. M. Katz

2 - Intermediate charnockite; Howie (1955)
Anal. J.H. Scoon

3 - Intermediate charnockite, India
Anal. R.A. Howie (1955)

4 - Pyroxene syenite gneiss; Buddington(1852)
Anal. G. Kahan and R.B. Ellestad

5 - Mafic Syenite; Buddington (1939)
Anal. E.W. Morley

6 - F51-2 (12) - Charnockite
Anal. M. Katz

7 - Quartz mangerite, Quebec. Anal.
A.R. Phillpotts (1966)

8 - Granosyenite; Buddington (1939)
Anal. E.W. Morley

Tab. 15 - (Suite/*cont'd*)

Specimen	9	10	11	12	13	14	15
SiO_2	67.06	67.75	71.83	72.10	71.45	73.10	70.67
TiO_2	0.68	0.50	0.24	0.33	0.42	0.18	0.35
Al_2O_3	14.39	14.85	14.44	14.95	13.83	14.29	14.87
Fe_2O_3	1.03	2.90	0.94	0.23	1.10	1.04	0.84
FeO	4.49	2.67	1.25	1.78	1.91	1.04	1.62
MnO		0.07	0.01	0.03	0.17	0.53	
MgO	0.40	1.53	0.09	0.73	0.56	0.07	0.20
CaO	2.30	3.75	0.85	1.92	1.54	1.18	1.72
Na_2O	3.37	3.05	3.43	3.75	2.62	3.08	3.64
K_2O	5.33	2.75	5.73	3.51	6.09	5.36	6.05
H_2O	0.29	0.17	0.54	0.39	0.32	0.54	0.20
P_2O_5	0.13	0.18	0.04	0.13	0.03	0.02	
CO_2	0.11	0.10	0.36	0.31			
Total	99.57	100.27	99.75	100.16	99.94	100.44	100.16
Q	19.98	29.10	28.57	31.83	28.08	30.40	22.50
or	31.14	16.68	33.86	20.57	36.14	31.69	35.58
ab	28.32	25.15	29.02	31.70	22.01	26.26	30.30
an	8.62	17.24	1.68	6.67	6.95	5.00	6.39
C		0.51	1.98	2.55	0.31	1.50	
di	1.09						1.67
hy	6.81	5.65	1.36	4.37	3.64	2.46	1.36
mt	1.39	4.18	1.36	0.35	1.62	1.67	1.16
il	1.29	0.91	0.46	0.62	0.76	0.31	0.61
ap	0.34	0.34	0.10	0.34	0.06		
cc	0.25	0.20	0.82	0.70			
Q	16.3	33.6	20.0	29.35	29.00		
Kfl	46.1	63.5	30.0	50.37	67.0		
Pl	24.2		40.0	10.87			
Cpx	1.4						
Opx	5.8						
Gr	0.5						
Ho	2.8		3.0				
Bi		2.5	5.0	6.12	3.0		
Ox	2.0	0.2	1.0	1.93	1.0		
Acc	0.8	0.3	1.0	1.35			

9 - Quartz syenite; Buddington (1939)
Anal.

10 - Granodiorite; Jeremine (1949)
Anal. Patureau

11 - K22-15 (13) - Alaskite
Anal. M. Katz

12 - Granite; Buddington (1939)
Anal. T. Kameda

13 - Granite; Buddington (1939). Anal.
E.W. Morley

14 - Granite; Buddington (1939)
Anal. E.W. Morley

15 - Roberval granite; Fresser (1916)
Anal. M.F. Connor

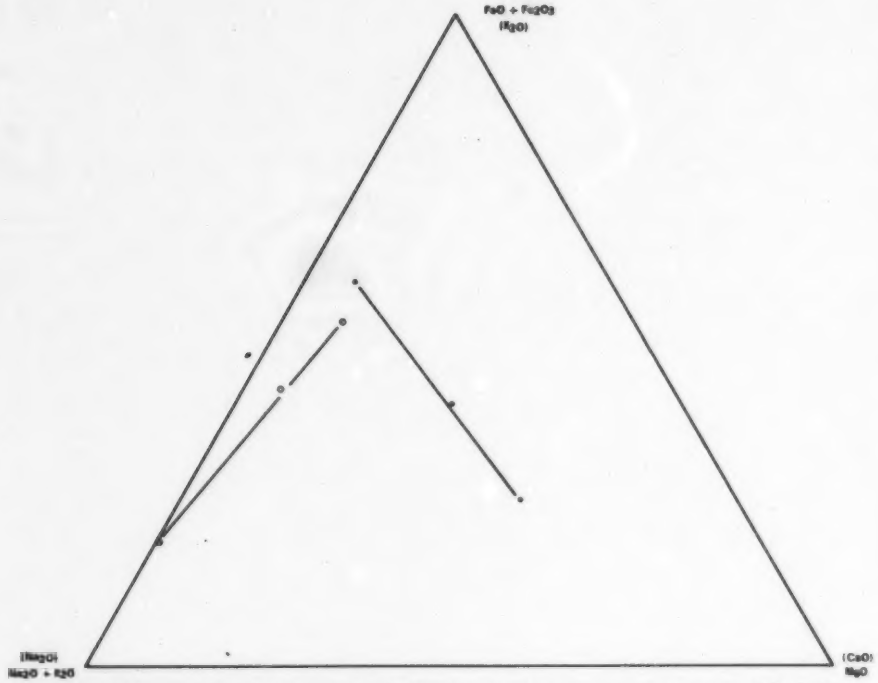


Figure 13 Diagramme de variation des roches de la série de Morin. Les cercles ouverts réfèrent aux variations en FeO + Fe2O3 – Na2O + K2O – MgO et les points aux variations en K2O – Na2O – CaO.

Variation diagram for rocks of the Morin Series. Open circles refer to variations in FeO + Fe2O3 – Na2O + K2O – MgO and dots to variations in K2O – Na2O – CaO.

E-1145

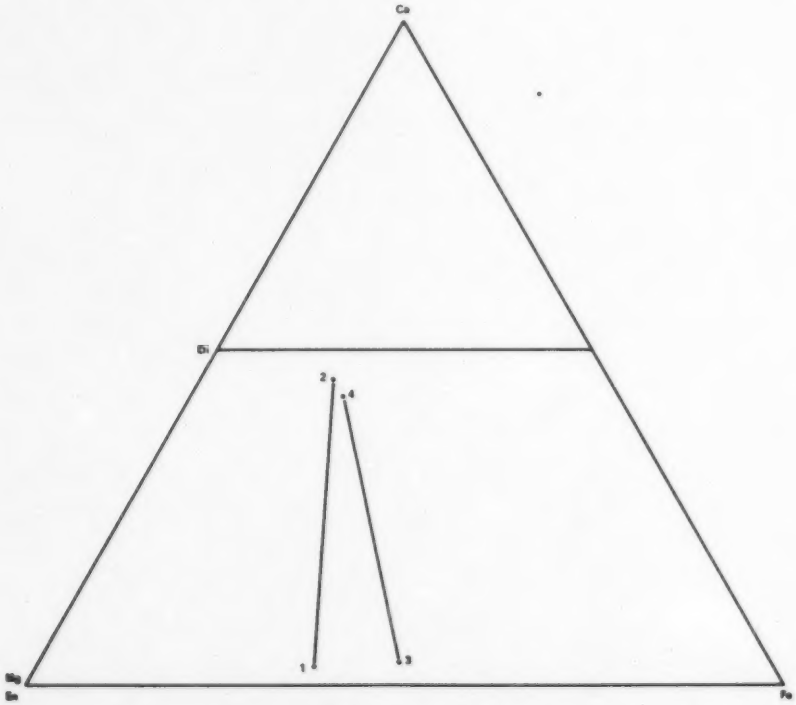


Figure 14 Lignes joignant des paires de pyroxènes coexistants. Les nombres réfèrent au tableau 18

Tie lines of coexisting pyroxene pairs. Numbers refer to Table 25

Dykes et mylonites postérieurs à la série de Morin

Les roches qui sont définitivement plus jeunes que la série de Morin sont limitées à plusieurs zones dispersées et relativement étroites de dykes et de mylonites lesquels sont d'une épaisseur maximum de quelques pieds. On note deux variétés; une mylonite remarquablement laminée et un dyke à grain fin avec des caractéristiques diabasiques ayant des bordures refroidies. Ces dykes recoupent les granulites et la série de Morin.

On a observé les variétés suivantes de dykes et de mylonites:

1- (Méta) diabase
2- (Méta) diabase à biotite et à hornblende
3- (Blasto) mylonite porphyrique
4- Mylonite laminée
5- (Blasto) mylonite à chlorite et à épidote.

Les dykes intrusifs ont un reste de microstructure diabasique-ophitique. Des lattes de plagioclase calcique reposent dans une matrice de pyroxène, de hornblende et de biotite. Les pyroxènes sont schillerisés et contiennent des intercroissances lamellaires. On observe des cristaux occasionnellement zonés avec d'excellentes structures en sablier (planche 20).

La microstructure des mylonites montre une matrice pulvérisée avec des restes de porphyroclastes ou des caractéristiques blasto-mylonitiques superposées. Les porphyroclastes de microperthite et de quartz sont lenticulaires, déformés et recristallisés. Les cristaux blasto-mylonitiques de microperthite et de quartz montrent une évidence de croissance porphyroblastique et un

Post - Morin Series Dikes and Mylonites

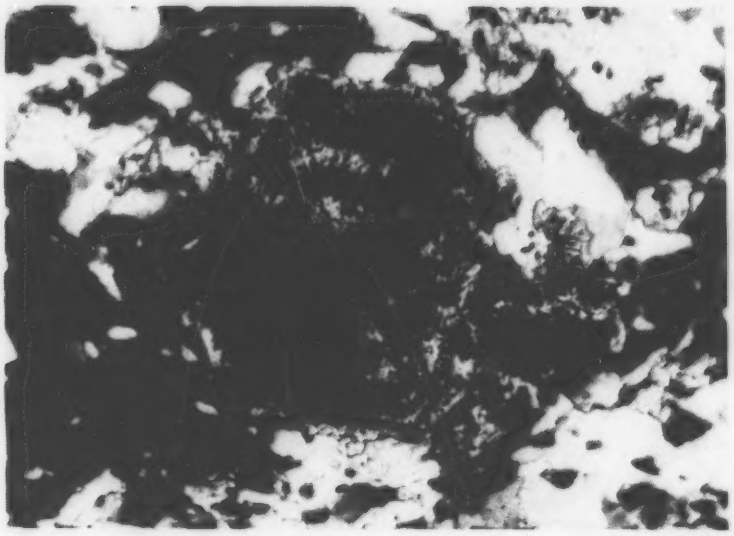
Rocks definitely younger than the Morin Series are confined to several scattered, rather thin dikes and mylonite zones, which are at the most a few feet thick. Two varieties were noted; a conspicuously laminated mylonite and a fine-grained dike with diabasic characteristics having chilled margins. These dikes are seen cutting the granulites and Morin Series.

The following varieties of dikes and mylonites were observed:

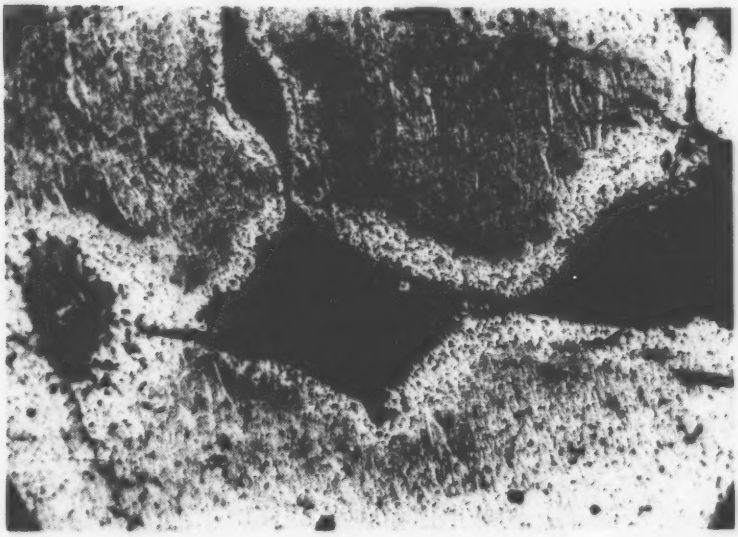
1- (Meta) diabase
2- Biotite-hornblende (meta) diabase
3- Porphyritic (blasto) mylonite
4- Laminated mylonite
5- Chlorite-epidote (blasto) mylonite

The intrusive dikes have a relict diabasic-ophitic microstructure. Calcic plagioclase laths lie in a matrix of pyroxene, hornblende or biotite. The pyroxenes are schillerized and contain lamellar intergrowths. Occasional zoned crystals with excellent hour-glass structures are observed (Plate 20).

The microstructure of the mylonites shows a comminuted matrix with relict porphyroclasts or superimposed blasto-mylonitic features. The microperthite and quartz porphyroclasts are lenticular, deformed or recrystallized. The blasto-mylonitic crystals of microperthite and quartz show evidence of porphyroblastic growth and replacement of the matrix (Plate 21). Dark olive green hornblende



Pl. 20 - Structures zonales et de sablier dans le pyroxène de la diabase x 80.
Zonary and hourglass structures in the pyroxene of the diabase x 80.



Pl. 21 - Croissance de cristal et enveloppement de la matrice par des porphyroblastes de feldspath dans une blastomylonite x 40.
Crystal growth and envelopment of matrix by feldspar porphyroblasts in blastomylonite x 40.

remplacement de la matrice (planche 21). De la hornblende vert olive foncé peut apparaître également sous la forme de poeciloblastes oeillés. Des lambeaux de chlorite vert pâle, des prismes vert pistache et des grains d'épidote, sont des constituants communs des mylonites. La matrice est très fine et montre une structure fluidale bien définie.

may also occur as augen poikiloblasts. Pale green patches of chlorite and pistachio green prisms and grains of epidote are common constituents of mylonites. The matrix is very fine with a well-defined flow structure.

STRUCTURES DES COURONNES

D'après la littérature, on connaît depuis longtemps le phénomène de la formation de bordures, de zones concentriques ou d'armures autour des minéraux. On réfère également à ces caractéristiques en termes de "couronnes", de "kelyphites", de "bordure de réaction" et de "minéraux synantétiques". Le terme de "couronne" semble être le plus approprié à décrire ces caractéristiques. Ce terme est fermement ancré dans la littérature géologique et demeure le plus populaire. On l'utilisa au départ pour décrire les couronnes de l'olivine mais par la suite il a été utilisé dans un sens plus général, soit comme une phrase descriptive pour tous les types de bordure autour des minéraux. Le minéral qui est ainsi bordé par ce minéral sera appelé "relique protégée". D'excellentes et intelligentes revues sur la terminologie, la nature et l'origine des couronnes ont été publiés grâce à Sederholm (1916), Brögger (1935) et Buddington (1939).

CORONA STRUCTURES

The formation of rims, concentric zones, or armours around minerals have long been recognized in the literature. These features are commonly referred to as "coronas","kelyphites","reaction rims" and "synantetic minerals". "Corona" seems to be the best word to describe these features. This term is firmly embedded in the geological literature and has the most popularity. It was originally used to describe the olivine coronas, but has been used in a more general sense, as a descriptive phrase for all types of rims around minerals. The mineral which is being rimmed by the corona will be termed the "armoured relict". Excellent and comprehensive reviews on the terminology, nature and origin of coronas have been given by Sederholm (1916), Brögger (1935) and Buddington (1939).

Couronnes dans les roches de métamorphisme poussé

Dans les granulites et roches associées, plusieurs des assemblages minéralogiques se conforment aux assemblages idéals du faciès granulite. Ces roches, laissent voir cependant, un début d'ajustement aux diverses conditions

Coronas in High Grade Metamorphism Rocks

In the granulites and associated rocks, many of the mineral assemblages conform closely to the ideal assemblages of the granulite facies. These rocks, however, display incipient adjustment to varying physical conditions in

physiques sous la forme de couronnes. Selon Schreyer et Yoder (1960, p. 150), "La formation d'une couronne autour d'un minéral dans une roche est une évidence pétrographique de l'instabilité de ce minéral par rapport à son environnement chimique particulier". La présence de caractéristiques de couronne peut indiquer le rétablissement local graduel de l'équilibre. Ces couronnes correspondent au début du développement d'un faciès métamorphique de grade inférieur ou, à l'occasion, de grade plus élevé. Les structures de couronne ont été décrites à partir de plusieurs terrains de granulites et semblent être un trait caractéristique dans ces roches. (Adelie Land, Antarctique, Stillwell, 1918; Ouganda, Groves, 1935; Adirondacks, Buddington, 1939; Turku, Finlande, Heitanen, 1947; Québec, Osborne, 1949 et Varberg, Suède, Quensel, 1951).

the form of coronas. According to Schreyer and Yoder (1960, p. 150),"The formation of corona around a mineral in a rock is petrographic evidence for the instability of this mineral with respect to its particular chemical environment". The presence of corona features may be indicative of the gradual local re-establishment of equilibrium. These coronas corresponds to incipient development of a metamorphic facies of lower grade or occasionally of even higher grade. Corona structure have been described from many granulite terrains and seem to be a characteristic feature in these rocks. (Adelie Land, Antarctica, Stillwell, 1918; Uganda, Groves, 1935; Adirondacks, Buddington, 1939; Turku, Finland, Heitanen, 1947; Québec, Osborne, 1949 and Varberg, Sweden, Quensel, 1951).

Couronnes et faciès métamorphique

Grögger (1935, p. 44) a démontré que le développement minéral des structures de couronne va de pair avec le développement minéral dans les roches. Cette corrélation fut accrue afin d'inclure le développement de faciès minéral (Buddington, 1939, p. 298). Buddington (1939, p. 267-282) a identifié trois zones métamorphiques dans les métagabbros des Adirondacks. Ces zones semblent progresser à partir du faciès amphibolite almandin (zone 1) en passant par la granulite à hornblende (zone 2 et une partie de la zone 3) et dans le sous-faciès granulite à pyroxène (zone 3). Chaque zone est caractérisée par certaines structures de couronne lesquelles reflètent les minéraux dans la roche comme un ensemble (Buddington, 1939, p. 294-298).

Coronas and Metamorphic Facies

Brögger (1935, p. 44) has shown that the mineral development of the corona structures in paralleled by the mineral development in the rocks. This correlation has been enlarged to include the development of mineral facies (Buddington, 1939, p. 298). Buddington (1939, p. 267-282) recognized these metamorphic zones in the meta-gabbros of the Adirondacks, These zones seem to progress from the almandine amphibolite facies (zone 1) through the hornblende granulite (zone 2 and part of zone 3) and into the pyroxene granulite subfacies (zone 3). Each zone is characterized by certain corona structures which reflect the minerals in the rocks as a whole (Buddington, 1939, p. 294-298).

Tab. 16 - Fréquence des types communs de couronnes
Frequency of Common Types of Coronas

	Progressive *Progressive*							Regressive *Regressive*				Autre *Other*
Couronne/*Corona*	Sph	Bi	Bi	Bi	Ho	Ho	Di	Gr	Gr	Gr	Hy	I.M.
Relique protégée/*Armoured relict*	I.M.± Bi,Ho	I.M.	Hy	Gr	Gr	I.M.	Hy	Hy± Di	I.M.	Ho± Bi	Ho	Gr± Hy
Type de roche/*Rock Type*												
Quartzites et gneiss riches en quartz *Quartzites and Quartz-rich gneisses*		2										
Grenat et gneiss à sillimanite *Garnet and Sillimanite gneisses*	1	2		7	1	1						2
Gneiss à biotite/*Biotite Gneiss*									1	1		
Tactites/*Tactites*	1	1						2				
Pyriclasites/*Pyriclasites*		2	2			1	1	3	2	1	3	1
Amphibolites/*Amphibolites*				1	2						3	
Gneiss à hypersthène/*Hypersthene Gneisses*		2	2	1	2			2	2			
Biotite rétrograde et gneiss à hornblende *Retrograde Biotite and Hornblende Gneisses*	11	9										
Granulites enderbitiques et charnockitiques *Enderbitic and Charnockitic granulites*		5	2					1				
Granulites alaskitiques/*Alaskitic granulites*		11							2			
Granulites à grenat/*Garnet granulites*		1		1					4			
Granulites rétrogrades/*Retrograde granulites*	1	1										
Enderbites/*Enderbites*		2						6	5	2	1	
Mangérites quartzifères/*Quartz mangerites*		5	1	1			3	3	2	3		
Charnockites et granites à hornblende *Charnockites and Hornblende Granites*		1	1								1	
Granites à biotite/*Biotite granites*	5	4							1			
Diabase/*Diabase*	1											
Mylonites/*Mylonites*										1		

Couronnes du parc de Mont Tremblant

Nous allons décrire deux types de structures de couronne provenant de la région du Mont Tremblant; des structures de couronne régressive ou des couronnes qui n'impliquent qu'un ajustement au faciès amphibolite, et des structures de couronne progressive impliquant un ajustement au faciès granulite ou éclogite. On a observé que les couronnes régressives sont caractérisées par du sphène, de la biotite, de la hornblende et du diopside tandis que les couronnes progressives le sont par du grenat et de l'hypersthène. Pour les autres types de couronnes, leur signification nous est incertaine. Les minéraux des couronnes qui sont dans un état de non-contrainte, peuvent être formés à partir de grains déformés, ce qui suggérerait une origine postérieure à la déformation. Les discussions sur ces structures de couronne sont faites par ordre croissant de grade métamorphique et, lorsque nécessaire, leur description donnée plus loin, se base sur les relations entre la roche et son environnement.

Coronas of Mont-Tremblant Park

Two types of corona structures will be described from the Mont-Tremblant Park area; regressive corona structures or coronas which imply adjustment to the amphibolite, and progressive corona structures or coronas which imply adjustment to upper granulite of eclogite facies. It has been observed that the regressive coronas are characterized by sphene, biotite, hornblende and diopside and progressive coronas by garnet and hypersthene. Other types of coronas are of dubious significance. The corona minerals which are strain-free, may be formed from deformed grains, which would suggest a post-deformational origin. The discussions of these corona structures are in order of increasing metamorphic grade and are further described, when necessary, on the basis of field and rock relationships.

Fréquences des couronnes

Le tableau 16 détermine les fréquences des couronnes les plus communes en fonction du type de roche. En examinant ce tableau, il est clair que certaines couronnes sont restreintes à des types de roche particuliers.

Corona Frequencies

Table 16 outlines the frequencies of the common kinds of corona structures with regard to rock type. On the examination of this table it is apparent that certain kinds of coronas are confined to particular rock types.

Types de couronne

La partie des structures de couronne trouvées au parc du Mont-Tremblant (tableau 17) ont été adéquatement décrites dans la littérature et la référence de ces travaux sera donnée avec chacun des types. Seules les couronnes qui ne sont pas bien connues seront décrites avec détail.

Corona Types

Most of the corona structures found in Mont-Tremblant Park (Table 17) have been adequately described in the literature and reference to these works will be given under each type. Only the corona structures which are not well known will be described in any detail.

Tab. 17 - Types de couronnes dans le Parc du Mont-Tremblant

Corona Types in Mont-Tremblant Park

Couronnes régressives *Regressive Coronas*	Relique protégée *Armoured Relict*	Remarques *Remarks*
Sphène/*Sphene*	Oxyde de fer et de titane *Iron-Titanium Oxide*	Le plus fréquent (Pl. 22) *Most frequent*
	Biotite et hornblende *Biotite and Hornblende*	Rare *Rare*
Biotite/*Biotite*	Oxyde de fer et de titane *Iron-Titanium Oxide*	Le plus fréquent (Pl. 23) *Most frequent*
	Grenat/*Garnet*	Commun/*Common*
	Pyroxène/*Pyroxene*	Commun/*Common*
Hornblende/*Hornblende*	Grenat/*Garnet*	Rare/*Rare*
	Oxyde de fer et de titane *Iron-Titanium Oxide*	Rare *Rare*
Diopside/*Diopside*	Hypersthène/*Hypersthene*	Rare/*Rare*
Couronnes progressives ***Progressive Coronas***		
Grenat/*Garnet*	Oxyde de fer et de titane *Iron-Titanium Oxide*	Le plus fréquent (Pl. 24) *Most frequent*
	Hypersthène/*Hypersthene*	Commun/*Common* (Pl. 25)
	Hornblende/*Hornblende*	Rare/*Rare* (Pl. 26)
	Diopside/*Diopside*	Rare/*Rare*
	Biotite/*Biotite*	Rare/*Rare* (Pl. 31)
	Apatite/*Apatite*	Très rare/*Very rare* (Pl. 31)
Couronnes progressives ***Progressive Coronas***		
Pyroxène/*Pyroxene*	Hornblende/*Hornblende*	Commun/*Common* (Pl. 27)
	Oxyde de fer et de titane *Iron-Titanium Oxide*	Rare *Rare*
	Grenat/*Garnet*	Rare/*Rare* (Pl. 28)
Autres couronnes ***Other Coronas***		
Oxyde de fer et de titane *Iron-Titanium Oxide*	Pyroxène/*Pyroxene*	Rare/*Rare* (Pl. 29)
	Grenat/*Garnet*	Rare/*Rare* (Pl. 30)
Couronnes multiples ***Multiple Coronas***		
Hornblende-grenat *Hornblende Garnet*	Oxyde de fer et de titane *Iron-Titanium Oxide*	Rare *Rare*
Biotite-grenat *Biotite Garnet*	Oxyde de fer et de titane *Iron-Titanium Oxide*	Rare *Rare* (Pl. 31)

Structures de couronne régressive

Couronnes de sphène - Les couronnes de sphène semblent être le résultat de variations locales du métamorphisme, car les roches du faciès granulite ne contiennent pas de sphène sauf celles qui sont riches en chaux (Ramberg, 1952, p. 72-75). Ces couronnes se développent le mieux dans les gneiss à hornblende et à biotite rétrograde qui forment la bordure extrême et qui entourent les stocks du Pine Hill. Ces auréoles sont également communes dans des zones rétrogrades d'un bout à l'autre de la région.

Couronnes de biotite - La formation de biotite aux dépens d'oxyde de fer et de titane, de grenat et de pyroxène est commune dans la région. L'altération bien connue de la hornblende à la biotite ne sera pas traitée comme une structure de couronne puisqu'il s'agit d'une caractéristique bien répandue et presqu'omniprésente dans la plupart des roches contenant de la hornblende. Le développement de couronnes de biotite s'effectue habituellement au contact des minéraux ferromagnésiens et du feldspath potassique dans des roches granitiques et intermédiaires.

Couronnes de hornblende - On a pu remarquer dans presque toutes les lames minces contenant du pyroxène que de la hornblende entourait le pyroxène. Cette caractéristique étant très commune, il est donc inutile d'en discuter dans ce chapitre. A l'occasion, on note des couronnes de hornblende autour du grenat et des oxydes de fer et de titane. Ces auréoles semblent restreintes aux amphibolites, aux pyriclasites et aux gneiss apparentés.

Couronnes de diopside - Il est relativement rare de trouver des grains de diopside autour de l'hypersthène. Ce type d'auréole s'observe principalement dans les mangérites quartzifères.

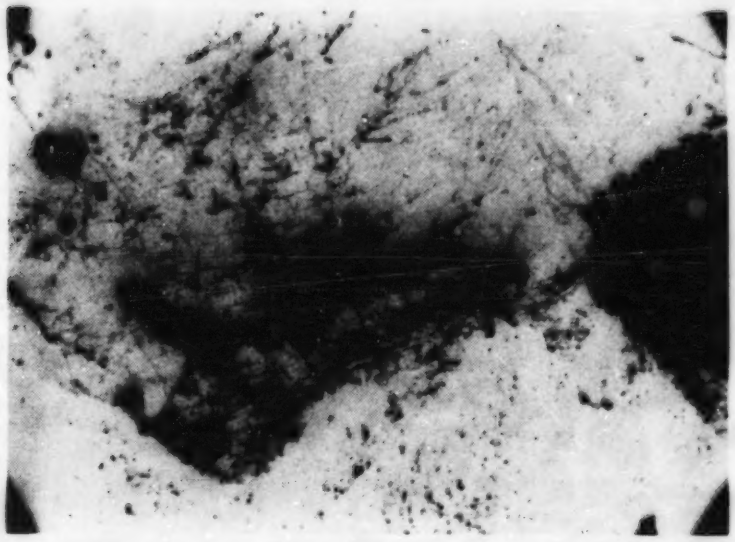
Regressive Corona Structures

Sphene Coronas - The sphene coronas seem to be a result of local variations in metamorphism, because sphene is characteristically absent in rocks of the granulite facies, except in rocks rich in lime (Ramberg, 1952, p. 72-75). These coronas are best developed in the retrograde biotite and hornblende gneisses which form the outer margin of and surround the Pine Hill stocks, but are also common in retrograde zones throughout the area.

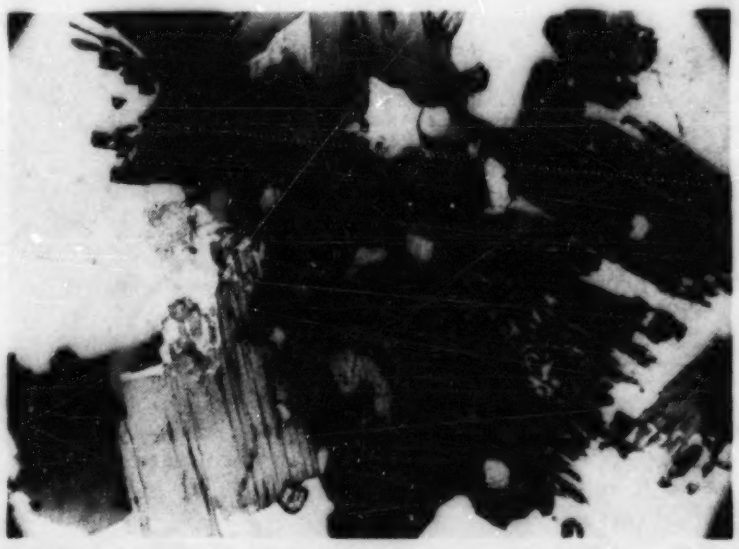
Biotite Coronas - The formation of biotite at the expense of iron-titanium oxide, garnet and pyroxene are also common in the area. The well known alteration of hornblende to biotite, will not be treated as a corona structure, for it is a widespread and almost ubiquitous feature in most hornblende-bearing rocks. The development of biotite coronas are usually formed at the contact of the ferromagnesian minerals and potash feldspar in granitic and intermediate rocks.

Hornblende Coronas - The very common feature of hornblende rimming pyroxene is developed in varying degrees in most thin-sections containing pyroxene and will not be treated in this section. Hornblende forming coronas around garnet and iron-titanium oxides have occasionally been noted and seem to be restricted to the amphibolites, pyriclasites and related gneisses.

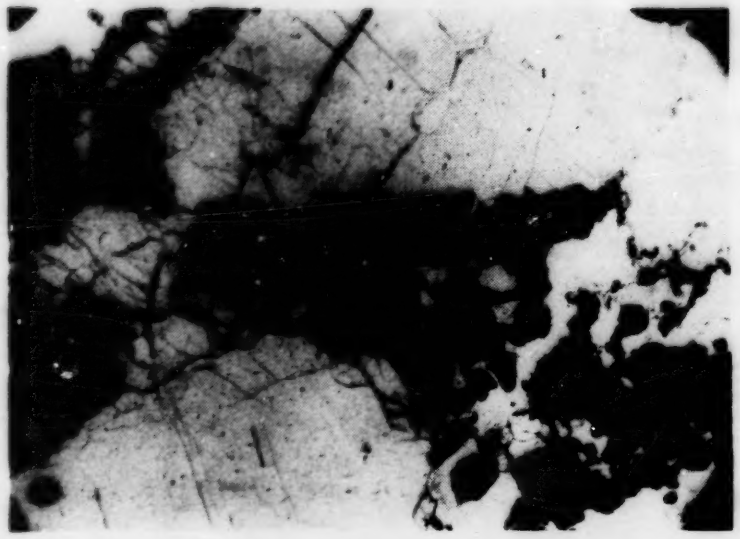
Diopside Coronas - Diopside grains rimming hypersthene are a relatively rare feature. This corona type is mainly observed in the quartz mangerites.



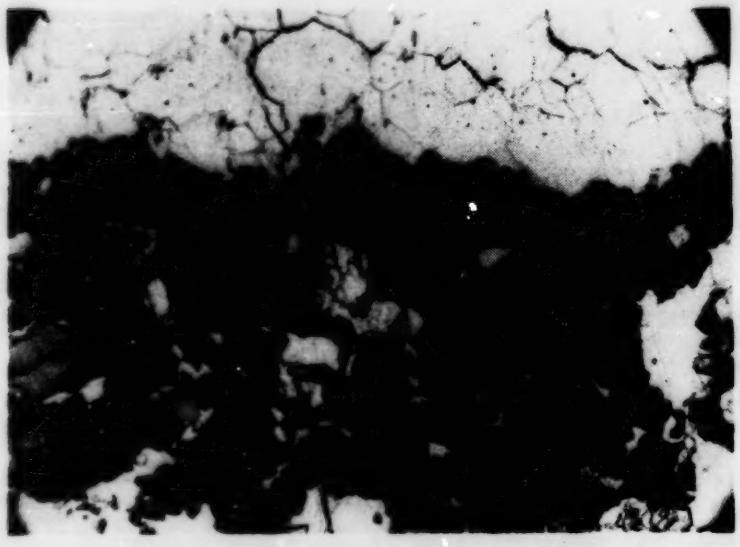
Pl. 22- Couronnes de sphène autour d'oxydes de fer et de titane dans un gneiss à biotite x 40.
Sphene coronas around iron-titanium oxides in biotite gneiss x 40.



Pl. 23- Gerbes de symplectite de biotite et quartz telles des couronnes autour des oxydes de fer et de titane dans un gneiss à biotite x 40.
Sheaves of biotite-quartz symplektite as coronas around iron-titanium oxides in biotite gneiss x40.

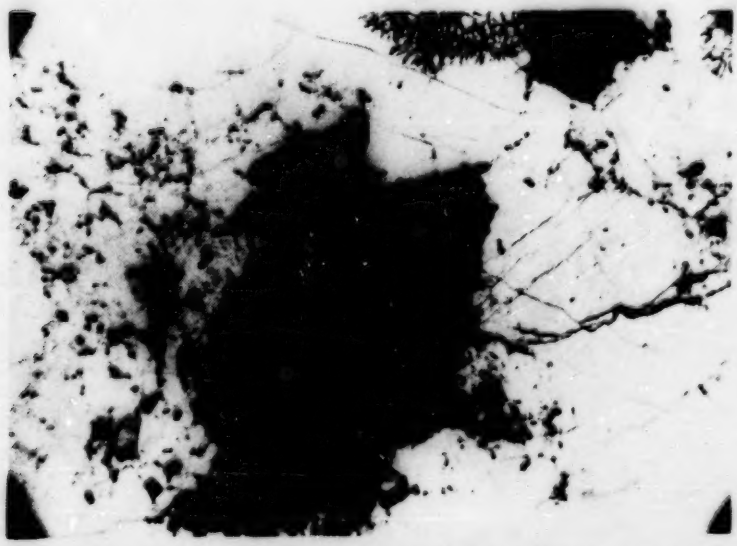


Pl. 24 - Couronnes de grenat entourant des oxydes de fer et de titane dans une mangérite quartzifère x 40.
Garnet coronas surrounding iron-titanium oxides in quartz mangerite x 40.

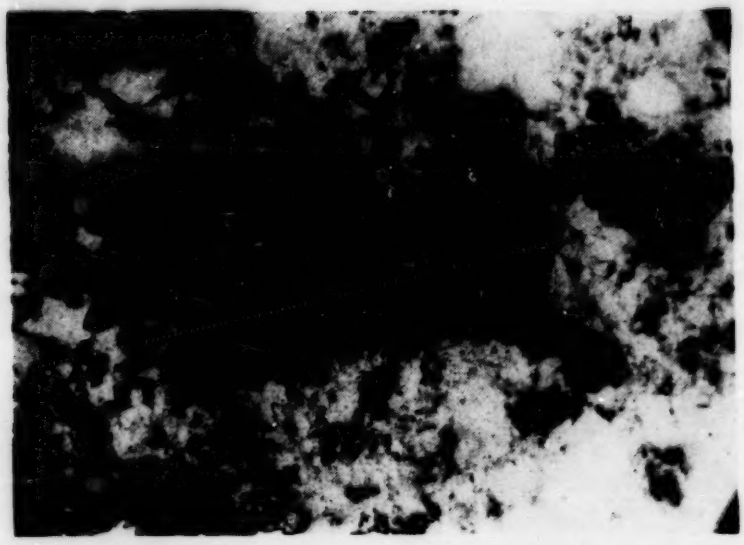


Pl. 25 - Couronnes de grenat entourant de l'hypersthène en contact avec du plagioclase dans une enderbite. Notez les bulles de quartz entre l'hypersthène et le grenat x 40.
Garnet coronas surrounding hypersthene in contact with plagioclase in enderbite. Note blebs of quartz between the hypersthene and garnet x 40.

Pl. 26 - Couronnes de grenat entourant des porphyroblastes de hornblende dans la mylonite x 40.
Garnet coronas surrounding hornblende porphyroblasts in mylonite x 40.

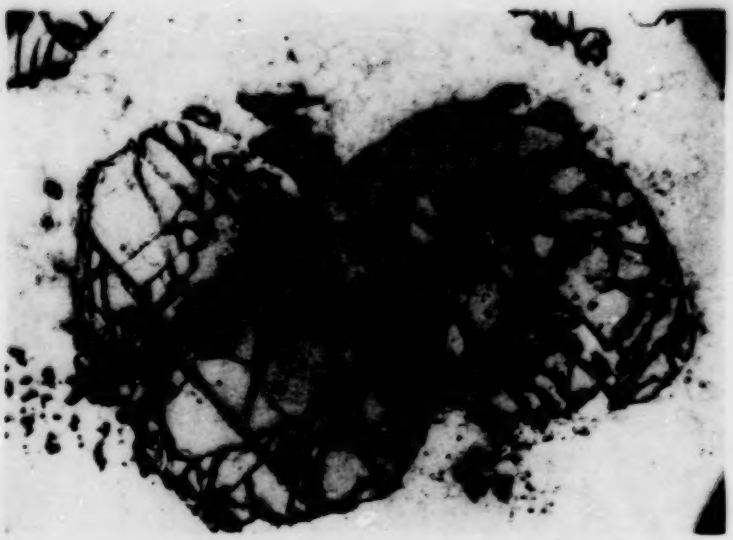


Pl. 27 - Couronnes vermiculaires d'hypersthène entourant et remplaçant de la hornblende dans une amphibolite à pyroxène x 40.
Vermicular coronas of hypersthene surrounding and replacing hornblende in pyroxene amphibolite x 40.



Pl. 28 - Hypersthène en relation de couronne avec le grenat dans un gneiss à grenat x 40.
Hypersthene in corona relationship to garnet in garnet gneiss x 40.

Pl. 29 - Couronnes partielles d'oxyde autour d'hypersthène dans une pyriclasite x 40.
Partial oxide coronas around hypersthene in pyriclasite x 40 .



Pl. 30 - Couronnes partielles d'oxyde autour du grenat dans un gneiss à grenat x 40.
Partial oxide coronas around garnet in garnet gneiss x 40.

Pl. 31 - Couronnes multiples de biotite et de grenat entourant des oxydes de fer et de titane et du grenat entourant de l'apatite (dans le coin gauche supérieur) dans un gneiss à biotite x 40.
Multiple coronas of biotite and garnet surrounding iron-titanium oxides and garnet surrounding apatite (in upper left hand corner) in biotite gneiss x 40.

Structures de couronne progressive

Couronnes de grenats - Le grenat, en tant que composant de couronne, est très commun. Il se retrouve en quantités variables, dans la plupart des roches de composition intermédiaire à basique, spécialement dans les enderbites et les mangérites quartzifères. Les auréoles de grenat se trouvent aux contacts entre les minéraux ferromagnésiens et les plagioclases.

Couronnes de pyroxènes - Les couronnes du pyroxène, soit de l'hypersthène, apparaissent dans des roches dont la composition varie d'intermédiaire à basique. La formation de pyroxène se développe aux contacts des minéraux ferromagnésiens avec les constituants quartzofeldspathiques de la roche. Les couronnes de pyroxène autour de la hornblende, n'ayant pas été décrites dans la littérature, une esquisse sera faite ci-après, portant sur la description et l'origine supposée de celles-ci.

Les couronnes se composent de fines bordures digitées de symplectite de pyroxène avec du plagioclase autour de la hornblende. On retrouve les auréoles dans les pyriclasites à hornblende et dans les amphibolites à pyroxène. Un début d'ajustement vers un assemblage minéralogique à grade plus élevé est suggégé à partir de la réaction bien connue (Ramberg, 1948, p. 558).

Progressive Corona Structures

Garnet Coronas - Garnet as a component of coronas is very common and is found in varying amounts in most of the rocks of intermediate to basic composition, especially the enderbites and quartz mangerites. The garnet coronas are found at the contacts between the ferromagnesian minerals and plagioclase.

Pyroxene Coronas - Coronas of pyroxene, mainly hypersthene, occur in rocks ranging from intermediate to basic composition. The formation of pyroxene is developed at the contacts of the ferromagnesian minerals and the quartzofeldspathic constituents of the rock. Because pyroxene coronas around hornblende have not been discussed in any detail in the literature, a brief description and proposed origin of these corona types will be outlined below.

The coronas consist of fine digitated rims of pyroxene symplektite with plagioclase around hornblende. The coronas are found in the hornblende pyriclasites and pyroxene amphibolites. An incipient adjustment to a higher grade mineral assemblage is implied following the well known reaction (Ramberg, 1948, p. 558).

$$NaCa_2(Mg,Fe)_4Al_3Si_6O_{22}(OH)_2 + 4SiO_2 \rightleftharpoons NaCaAl_3Si_5O_{16} + 3(Mg,Fe)SiO_3 + Ca(Mg,Fe)Si_2O_6 + H_2O$$

hornblende — plagioclase — hypersthene — diopside — eau

Heitanen (1947, p. 1045-1046) décrit une caractéristique semblable à l'intérieur des roches charnockitiques

Heitanen (1947, p. 1045-1046) describes a similar feature from charnockitic rocks and believes it to be a

et il pense qu'il s'agit d'une forme d'altération. Binns (1964, p. 299-302) observe ce type d'auréole dans des amphibolites et des gneiss à pyroxène et y réfère comme une "texture de réaction".

form of alteration. Binns (1964, p. 299-302) observes this type of corona in amphibolites and pyroxene gneisses and refers to it as a "reaction texture".

Autres structures de couronne

Couronnes d'oxyde de fer et de titane - Dans deux spécimens de gneiss à grenat, des bordures d'oxyde entourent le grenat tandis que dans une plaque de pyriclasite, les bordures d'oxyde entourent l'hypersthène. Il est fréquent qu'une fine bordure de quartz sépare le grenat et l'hypersthène des oxydes.

Couronnes multiples - Elles sont très rares et n'ont été notées que dans deux roches; une enderbite à grenat et un gneiss à grenat et à biotite. La première démontre des bordures successives de hornblende et de grenat entourant des oxydes et la seconde laisse voir de la biotite et du grenat entourant l'oxyde.

Other Corona Structure

Iron-Titanium Oxide Coronas - In two specimens of garnet gneiss, rims of oxide surround garnet and is one slide of a pyriclasite, rims of oxide surround hypersthene. Often a fine rim of quartz separates the garnet and hypersthene from the oxides.

Multiple Coronas - Multiple coronas are quite rare and have only been noted in two rocks; a garnet enderbite and a garnet-biotite gneiss. The former shows successive rims of hornblende and garnet surrounding oxides and the latter has biotite and garnet surrounding the oxide.

MINERALOGIE

Pyroxènes coexistants

On a beaucoup écrit récemment sur la composition des pyroxènes coexistants dans des roches ignées et métamorphiques (Howie, 1965). Mueller (1960, p. 479-482) en se basant sur la théorie thermodynamique nous a fourni la distribution des ions majeurs dans les pyroxènes coexistants. En assumant des conditions d'équilibre et des solutions idéales, le coefficient de distribution $K_{(p)}$ est le suivant:

MINERALOGY

Coexisting Pyroxenes

Much has been written recently on the composition of coexisting pyroxene pairs in igneous and metamorphic rocks (Howie, 1965). Bases on the thermodynamic theory, the distribution of major ions in the coexisting pyroxene has been given by Mueller (1960, p. 479-482). Assuming equilibrium conditions and ideal solutions, the distribution coefficient $K_{(p)}$ is as follows:

$$Fe^{++}/Mg = Fe^{++}/Mg \times K_{(p)}$$

orthopyroxene clinopyroxene

Kretz (1963) et Binns (1962) ont dérivé des coefficients de distribution qui sont similaires. Kretz, en particulier, a démontré que K semble être constant pour un groupe donné de conditions, mais varie en fonction de la température. La pression ainsi que d'autres facteurs telle la composition, n'ont que peu d'effet. Ce dernier point a été discuté par Binns (1962).

Les valeurs de K confirmées à partir d'une grande quantité d'analyses publiées dans la littérature (Kretz, 1963) semblent être spécifiques pour les roches ignées (1.4) et les roches métamorphiques (1.8). Comme Kretz (1961, p. 372) le mentionne, "malheureusement, on n'a pas encore déterminé expérimentalement de coefficient de distribution et toute l'information que l'on possède provient d'études de roches cristallines apparaissant dans la nature".

Analyses des pyroxènes coexistants-Deux paires de pyroxène coexistant ont été analysées chimiquement et les résultats sont énumérés dans le tableau 18. Les dimensions des cellules des orthopyroxènes sont tirées de Howie (1963). Les granulites ne contenant pas de quantités substantielles de clinopyroxène, les deux paires ci-haut mentionnées ont été analysées à partir de:

1- gneiss oeillé de mangérite quartzifère K16-5(11)
2- pyriclasite en ruban avec les granulites F18-13(10).

Les analyses des roches encaissantes sont présentées dans les tableaux 6 et 15.

Les compositions de ces deux paires de pyroxènes sont indiquées dans

Similar distribution coefficient have been derived by Kretz (1963) and Binns (1962). Kretz, in particular, has demonstrated that K appears to be constant for a given set of conditions, but changes as a function of temperature. Pressure and other factors, such as composition have little effect. This latter point has been discusted by Binns (1962).

The K values confirmed from a great variety of analyses published in the literature (Kretz, 1963) seem to be specific for igneous rocks (1.4) and metamorphic rocks (1.8). As Kretz (1961, p. 372) point out, "unfortunately distribution coefficient have not yet been determined experimentally and all the information available to us comes from studies of naturally occurring crystalline rocks".

Analyses of Coexisting Pyroxenes- Two coexisting pyroxene pairs were chemically analyzed and the results are given in Table 18. The cell dimensions of the orthopyroxenes are after Howie (1963). Because the granulites do not contain substantial amounts of clinopyroxene the two pairs were analyzed from:

1- quartz mangerite augen gneiss K16-5(11)
2- pyriclasite interbanded with the granulites F18-13(10).

Analyses of the host rocks are presented in Table 6 and 15.

The compositions of these two pyroxenes pairs are shown in Table 18.

Tab. 18 - Analyses des pyroxènes coexistants

Analyses of Co-Existing Pyroxenes

	1	2	3	4
SiO_2	49.61	51.21	48.19	50.27
TiO_2	1.80	0.80	0.42	1.06
Al_2O_3	2.43	2.80	2.14	2.39
Fe_2O_3	0.80	1.14	1.86	2.05
FeO	21.81	9.49	27.45	10.24
MnO	0.42	0.56	0.42	0.58
MgO	21.16	12.44	17.26	12.68
CaO	1.29	21.46	1.67	20.54
Na_2O	0.47	0.13	0.13	0.46
K_2O	0.45	0.23	0.18	0.17
Total	100.24	100.26	99.72	100.44
Si	1.867	1.919	1.877	1.896
Al	.108	.081	.098	.104
Al		.045		
Ti	.052	.022	.012	.029
Fe	.023	.032	.056	.059
Fe	.687	.297	.894	.324
Mn	.014	.018	.014	.018
Mg	1.186	.695	1.002	.713
Ca	.052	.862	.070	.829
Na	.018	.005	.005	.016
K	.011	.005	.005	.005
W	.081	1.872	.080	.854
X	1.887	1.010	1.910	1.055
Y	.075	.099	.068	.088
Z	1.975	2.000	1.975	2.000
Ca	2.7	45.3	3.4	42.7
Mg	60.4	36.5	49.2	36.7
Fe	36.9	18.2	47.4	20.6
nz	1.715	1.720	1.728	1.725
2V	57.5	60.0	57.0	56.0
aA°	18.3092		18.2783	
bA°	8.9100		8.8954	

1- K16-5 (11) Orthopyroxène provenant d'une mangérite quartzifère/*Orthopyroxene from quartz mangerite* Anal. M. Katz

2- K16-5 (11) Clinopyroxène provenant d'une mangérite quartzifère/*Clinopyroxene from quartz mangerite* "

3- F18-13 (10) Orthopyroxène provenant de pyriclasite à oxyde/*Orthopyroxene from oxide pyriclasite* "

4- F18-13 (10) Clinopyroxène provenant de pyriclasite à oxyde *Clinopyroxene from oxide pyriclasite* "

le tableau 18. Les lignes d'équilibre joignant les paires ont des pentes distinctes et n'ont aucun rapport entre elles (figure 14). Le coefficient de distribution fer-magnésium est de 1.36 pour (1) et 1.96 pour (2). Ces valeurs sont compatibles respectivement avec le coefficient de distribution des roches ignées et des roches métamorphiques.

Des pyroxènes formés sous les conditions de faciès granulite contiennent des quantités relativement considérables d'alumine. Il n'y a pas de doute, cependant, que la quantité d'alumine dans ce milieu joue un rôle important dans la composition du pyroxène (Howie, 1965, p. 320). Les orthopyroxènes ne contiennent pas une quantité excessive d'alumine par comparaison aux charnockites de l'Inde (2.0 à 4.5%) ou des granulites de Lapland, Scandinavie (0.5 à 8.3%) (Howie, 1955 et Eskola, 1952).

On a déterminé les dimensions de la cellule de l'hypersthène appartenant à une granulite charnockitique; (K59-2): a-18.3068 A^{O}, b-8.8976 A^{O}. Ces dimensions indiquent, selon Howie (1963), que la composition est d'environ (En_{55}) avec quelque 0.05 d'ions du métal d'aluminium en se basant sur le fait que 6 (0) correspond à environ 2% de Al_2O_3.

Grenat

Propriétés - Les grenats apparaissent sous la forme de petits cristaux rouge brunâtre lesquels sont de couleur rose pâle et finement poeciloblastiques en lame mince. On a observé des bandes d'oxydes avec des auréoles de grenat coexistant dans la même lame, avec des minéraux d'oxyde entourés par de la chlorite et de la biotite spongieuse.

The tie lines joining the pairs have different slopes and are not related (Fig. 14). The iron-magnesium distribution coefficient for (1) is 1.36 and for (2) is 1.96. These values are consistent with distribution coefficient from igneous and metamorphic rocks respectively.

Pyroxenes formed under the granulite facies conditions contain relatively large amounts of alumina. There is no doubt, however, that the amount of alumina in the environment plays an important role in the composition of the pyroxene (Howie, 1965, p. 320). The orthopyroxenes do not have an excessive amount of alumina, as compared with the charnockites if India (2.0 to 4.5%) or the granulites of Lapland Scandinavia (0.5 to 8.3%) (Howie, 1955 and Eskola, 1952).

Cell dimensions of a hypersthene from a charnockite granulite (K59-2) were determined; a- 18.3068 A^{O}, b- 8.8976 A^{O}, and indicate, according to Howie (1963), that the composition is about (En_{55}) with about 0.05 metal ions of aluminum on the basis of 6 (0) which corresponds to about 2% Al_2O_3.

Grenat

Properties - The garnets appear in small brownish red crystals which appear pale pink and finely poikiloblastic in thin-section. It is observed that bands of oxide with coronas or garnet coexist in the same section with oxide minerals surrounded by spongy chlorite and biotite.

L'indice de réfraction et les dimensions de la cellule unitaire, utilisant la chartre de Sastri, (1962) indiquent une composition approximative, en termes de molécules terminales de grenats provenant de différentes roches, tel qu'indiqué dans le tableau 19.

Index of refraction and unit cell dimensions using Sastri's (1962) chart indicate an approximate composition, in terms of end molecules of garnets from various rocks as shown in Table 19.

Tab. 19 - Composition des molécules terminales des grenats
End Molecules Compositions of Garnets

Specimen Propriété *Property*	1	2	3	4	5
n	1.795	1.785	1.780	1.805	1.800
a A^{o}	11.557	11.514	11.510	11.591	11.595
Py	21	38	42	8	13
Alm	62	54	50	67	65
Sps	2	1	1	3	3
And	5	5	6	9	6
Grs	10	2	1	13	13
Couleur *Color*	brun-rouge *red-brown*	rouge-rose *pink-red*	rose *pink*	rouge foncé *deep red*	rouge foncé *deep red*
	indépendant *independant*	indépendant *independant*	indépendant *independant*	couronne *corona*	couronne *corona*

1- Granulite à grenat/*Garnet granulite*
2- Gneiss à biotite et à grenat/*Biotite garnet*
3- Gneiss à grenat et à sillimanite/*Garnet-sillimanite gneiss*
4- Pyriclasite à grenat et à oxyde/*Garnet-oxide pyriclasite*
5- Mangérite à grenat et à quartz/*Garnet-quartz mangerite*

Les grenats sont également rapportés sur un diagramme de molécule terminale (figure 15) et tombent bien à l'intérieur du champ des grenats, trouvé selon Barth (1962, p. 237), dans des éclogites et des granulites. Le grenat de la granulite est principalement un pyrope-almandin avec environ 10% de grossulaire. Il se compare avantageusement en composition à la moyenne des 15 grenats provenant de charnockites et

The garnets are also plotted on an end molecule diagram (Fig. 15) and fall well within the field of garnets found in eclogites and granulites according to Barth (1962, p. 237). The garnet of the granulite is principally an almandine pyrope with about 10% grossularite and compares favourably in composition to the average of 15 garnets from charnockites and granulites (Troger, 1962, p. 668; Py-23½ ± 15,

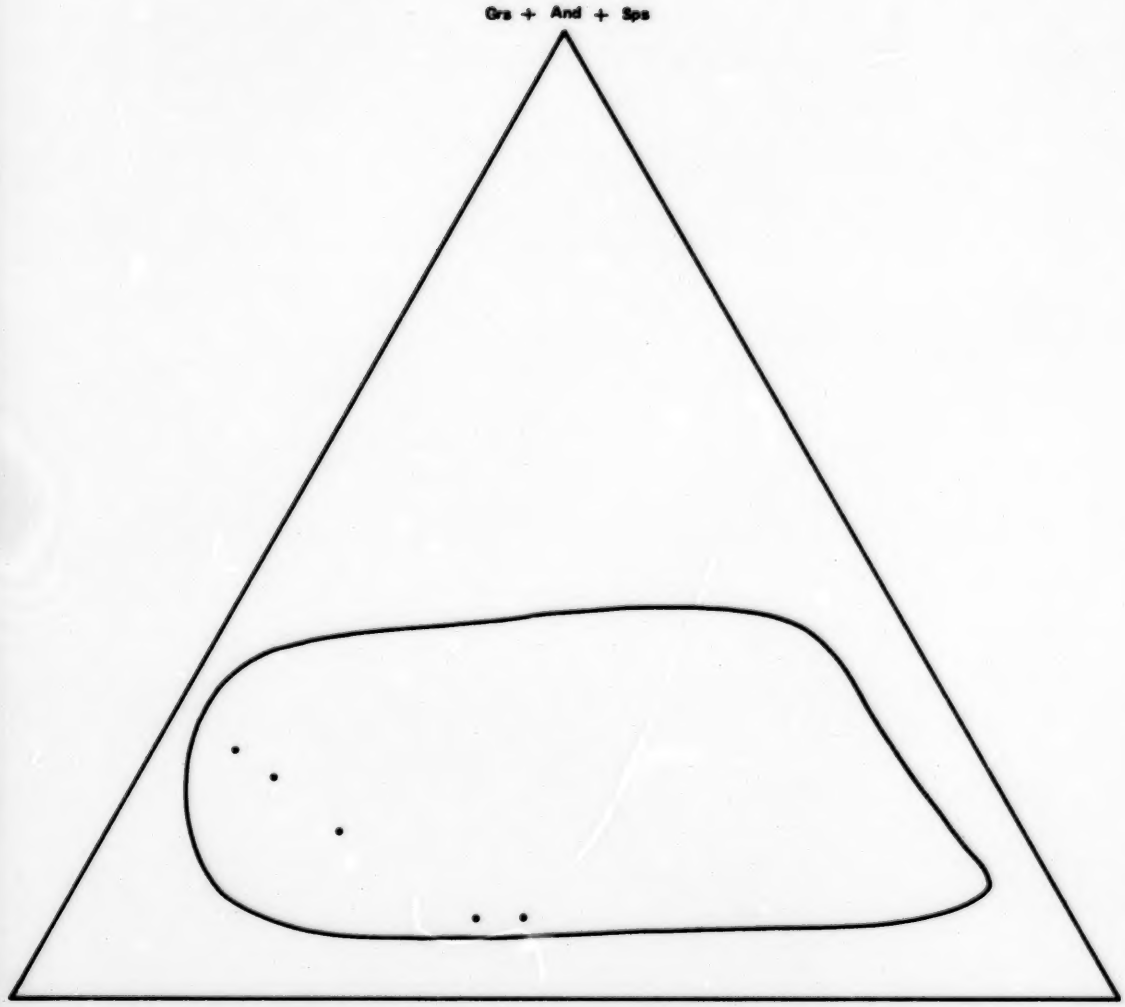


Figure 15 Compositions approximatives de grenats en termes de molécules terminales. Tous les grenats tombent dans le champ des grenats provenant des éclogites et des granulites tel que délimité. (Barth, 1962, p. 237).

Approximate compositions of garnets in terms of end molecules. All garnets fall in the field of garnets from eclogites and granulites as outlined (Barth, 1962, p. 237).

B-1145

de granulites (Troger, 1962, p. 668; Py-23½ ± 15, Alm- 57 ± 11, Sps- 2½ ± 2, Grs- 14½ ± 7, And- 2½ ± 2). En comparaison,les grenats provenant des paragneiss sont essentiellement de pyrope almandin et les grenats en couronne sont riches en grossulaire. Dans tous les grenats, la molécule de spessartine est basse.

Considérations chimiques - L'apparition de grenats dans les roches des terrains à faciès granulite a été attribuée à:

1 - l'atteinte d'une certaine température et pression, suffisantes pour permettre le développement du grenat (Buddington, 1952, p.79);

2 - la composition apparente de la roche (Howie et Subramanian, 1957). Dans le but de vérifier ces théories, toutes les analyses des granulites ont été rapportées sur un diagramme ACF tel qu'indiqué dans la figure 16. Toutes les roches situées au-dessus de la ligne de grenat contiennent du grenat à titre de minéral ferromagnésien principal. Les compositions de roche, dans le champ situé entre les lignes du grenat et de l'hypersthène, comprennent de l'orthopyroxène et du grenat. Aux compositions rapportées sur ou au-dessous de la ligne d'hypersthène, ne figurent pas de grenat. Les observations suggèrent que l'apparition de grenat est reliée à la composition apparente des roches tel que suggéré par Howie et Subramanian (1957).

Alm-57 ± 11, Sps-2½ ± 2, Grs-14½ ± 7, And-2½ ± 2). In comparison the garnets from the paragneisses are essentially almandine-pyrope and the corona garnets are rich in grossularite. In all garnets the spessartite molecule is low.

Chemical Considerations - The apparence of garnets in rocks of granulite facies terrains has been attributed to:

1 - the attainment of certain temperature and pressure sufficient to permit the development of garnet (Buddington, 1952, p. 79);

2 - the bulk composition of the rock . (Howie and Subramanian, 1957). In order to test these theories all the analyses of the granulites were plotted on an ACF diagram as shown in Fig. 16. All the rocks lying above the garnet line contain garnet as a chief ferromagnesian mineral. The rock compositions in the field between the hypersthene and garnet lines contain both orthopyroxene and garnet and those compositions plotting below or on the hypersthene line contain no garnet. The observations suggest that the presence of garnet is related to the bulk composition of the rocks as suggested by Howie and Subramanian (1957).

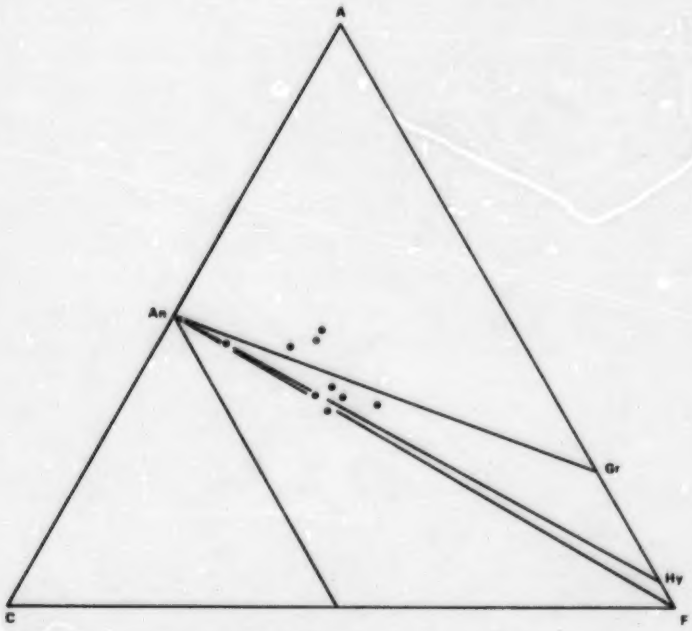


Figure 18 Diagramme ACF représentant toutes les granulites analysées. Les roches grenatifères se retrouvent au-dessus de la ligne An-Hy.

ACF diagram representing all analyzed granulites; garnet-bearing rocks lie above the An-Hy line.

METAMORPHISME

Faciès minéralogique

Le faciès granulite d'Eskola (Barth, Correns et Eskola, 1939, p.360) fut proposé pour les roches métamorphiques à grade élevé; on considère que ces dernières se sont formées à de grandes profondeurs et qu'elles sont caractérisées par les associations minéralogiques anhydres, de la sillimanite (ou kyanite), du grenat à la place des micas, du diopside et de l'hypersthène à la place des amphiboles. On a également reconnu que des minéraux que l'on croyait étrangers au faciès granulite étaient souvent présents. Des produits d'altérations comme la cordiérite, la biotite et la hornblende peuvent être communs et même des constituants réguliers, coexistant avec les minéraux

METAMORPHISM

Mineral Facies

The granulite facies of Eskola (Barth, Correns and Eskola, 1939, p.360) was proposed to cover high-grade metamorphic rocks considered to have been formed at great depths and characterized by the anhydrous mineral associations, sillimanite (or kyanite), and garnet in place of micas, and diopside and hypersthene in place of amphiboles. It was also recognized that minerals thought to be alien to the granulite facies were often present. Cordierite, biotite and hornblende may be common as alteration products and even as regular constituents coexisting with the typical anhydrous minerals. Rocks containing minerals typical of the amphibolite facies are closely associated and even interlayered

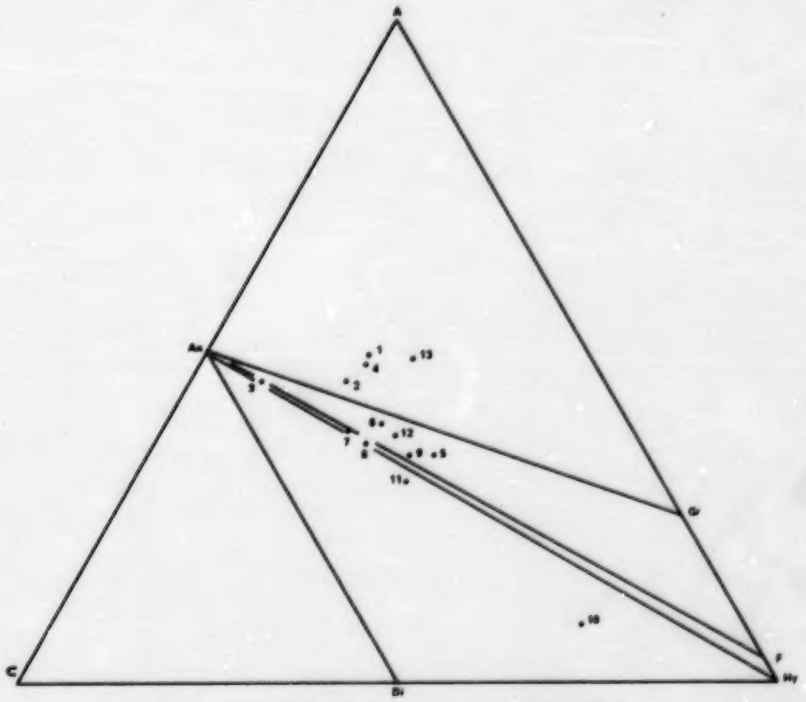


Figure 17 Diagramme ACF représentant les compositions des roches analysées
ACF diagram representing the compositions of the analyzed rocks

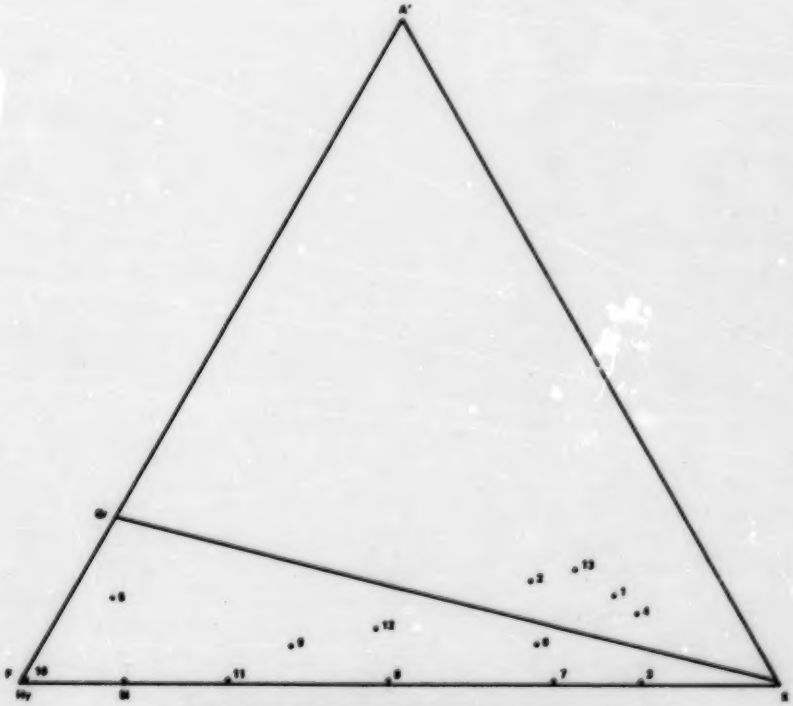


Figure 18 Diagramme A'F représentant les compositions des roches analysées
A'F diagram representing the compositions of the analyzed rocks

anhydres typiques. Des roches contenant des minéraux typiques du faciès amphibolite sont intimement associées et même interlitées avec des roches du faciès granulite (Eskola, 1952, p. 162-168). Dans le but de surmonter quelques-uns de ces problèmes, Turner subdivisa le faciès granulite en un sous-faciès inférieur et transitionnel de granulite à hornblende et un sous-faciès supérieur de granulite à pyroxène (Fyfe, Turner et Verhoogen, 1958, p. 232-235).

On retrouvera, dans les figures 17 et 18, des diagrammes ACF et A'KF, des roches analysées. Les assemblages minéralogiques théoriques du faciès granulite indiqués par les tracés sur les compositions de ces roches, se comparent favorablement avec les présentes descriptions pétrographiques (tableau 20). Les échantillons 4 et 8 sont des roches rétrogrades renfermant les minéraux essentiels, ainsi que du diopside. L'échantillon 10 possédant de l'hypersthène-diopside et du grenat en coexistence, est typique de ces roches déficientes en silice et il peut être transitionnel au faciès éclogite (Yoder et Tilley, 1962, p. 512).

with granulite facies rocks (Eskola, 1952, p. 162-168). In order to overcome some of these problems, Turner subdivided the granulite facies into a lower, transitional hornblende granulite subfacies and an upper pyroxene granulite subfacies (Fyfe, Turner and Verhoogen, 1958, p. 232-235).

ACF and A'KF diagrams for the analyzed rocks are presented in Figs. 17 and 18. The theoretical mineral assemblages of the granulite facies, indicated by the plots of the compositions of these rocks, compares favourably with the actual petrographic descriptions (Table 20). Rocks 4 and 8 are retrograde rocks, with the essential minerals and diopside. Rock 10, with hypersthene-diopside and garnet coexisting, is typical of silica deficient rocks, and may be transitional to the eclogite facies (Yoder and Tilley, 1962, p. 512).

Tab. 20 - Assemblages minéralogiques des roches analysées
Minerals Assemblages of Analyzed Rocks

Echantillon *Sample*	Ass. minéralogique *Mineral Assemblage*	Echantillon *Sample*	Ass. minéralogique *Mineral Assemblage*
1-	Q-M.P.-(Bi-Gr-Ox)	8-	Q-M.P.-Di-(Ox-Ho-Hy)
2-	Q-M.P.-(Gr-Pl	9-	Q-A.P.-Chl-(Ox-Gr)
3-	Q-M.P.-Ox	10-	Pl-Hy-Di-Ox-(Gr)
4-	Q-Mi-Olg-Bi-(Gr)	11-	Q-M.P.-A.P.-Hy-Di-(Ox)
5-	Q-A.P.-Hy-(M.P.-Ox-Gr)	12-	Q-M.P.Pl-Hy-(Di-Ox-Gr)
6-	Q-M.P.-Hy-(Gr-Ox)	13-	Q-M.P.-(Bi)
7-	Q-M.P.-Ho-(Bi-Hy-Ox)		

Faciès textural

On a porté beaucoup plus d'attention au faciès minéralogique qu'à leur faciès textural. Grubenmann (1910) a depuis longtemps reconnu que les roches des différents faciès ou zones de métamorphisme régional ont des textures caractéristiques. L'épizone, la mésozone et la katazone étaient respectivement caractérisées par des phyllites des schistes et des gneiss. Les livres modernes qui traitent de faciès métamorphiques en relèguent habituellement qu'un rôle mineur à la texture des faciès individuels. On remarque généralement que la texture des roches du faciès amphibolite est surtout cristalloblastique, telle qu'on la retrouve dans les gneiss et les schistes. La texture du faciès granulite de cette région, est caractérisée par des granulites à texture cataclastico-gneissique.

Parenté entre faciès minéralogique et textural

Scheumann (1961b) a soutenu que la déformation peut jouer un rôle important dans l'atteinte de conditions d'équilibre. Plusieurs roches qui ont cristallisées ou recristallisées dans un faciès élevé peuvent s'ajuster à un faciès inférieur mais retiennent quand même des reliques minéralogiques ou texturales de ce stage originel élevé (Schermerhorn, 1960). On a pu observer que les caractéristiques de texture des granulites, principalement les plaques de quartz, peuvent survivre dans un faciès inférieur superposé, même s'il ne reste aucune relique minéralogique. Les granulites à biotite rétrograde sont de bons exemples de cette caractéristique. Elles ont été recristallisées et indiquent une conversion complète de minéraux ferromagnésiens à grade élevé

Fabric Facies

There has not been as much emphasis places on the fabric facies of metamorphic rocks as has been placed on the mineral facies. It was early recognized by Grubenmann (1910) that the rocks of the different facies or zones of regional metamorphism has characteristic textures. The epizone, mesozone and katazone were characterized respectively by phyllites, schists and gneisses. Modern text books dealing with metamorphic facies, usually delegate a minor role to the fabric of the individual facies. It is generally observed that the fabric of the amphibolite facies rocks is, in the main, crystalloblastic as found in the gneisses and schists. The fabric of the granulite facies of this area, is characterized by cataclastic-gneissose fabrics, typically represented by the granulites.

Interrelationship between Mineral and Fabric Facies

Scheumann (1961b) has advocated that deformation may play an important role in the attainment of equilibrium conditions. In addition to the mineral facies the rocks take on a characteristic fabric. Many rocks which have crystallized or recrystallized in a high facies may adjust themselves to a lower facies but retain mineralogical or textural relicts of this original high stage (Schermerhorn, 1960). It has been observed that the fabric characteristics of the granulites, especially the quartz plates, may survive in a superimposed lower facies, even through no mineralogical relicts remain. The retrograde biotite granulites show this feature very well. These granulites have been recrystallized, with complete conversion of high grade ferromagnesian minerals

en de la biotite et de la hornblende. La texture semble plus grossière que celle des granulites équivalentes ayant un grade élevé et, si ce n'était de la présence des restes de plaques de quartz, la roche serait un gneiss à biotite bien ordinaire. Le minéral, peut être beaucoup plus sujet au métamorphisme rétrogressif, que peut l'être le faciès textural. Le tableau 21 définit, en se basant sur les faciès minéralogique et textural, quelques roches caractéristiques.

to biotite and hornblende. The fabric seems to be coarser than the equivalent high-grade granulites and if it were not for the presence of the relict quartz plates, the rock would be an ordinary biotite gneiss. The mineral can be much more subject to retrogressive metamorphism than the fabric facies. On the basis of mineral and fabric facies some characteristic rocks are outlined in Table 21.

Tab. 21 - Roches caractéristiques classifiées sur la base de faciès minéralogique et textural

Characteristic Rocks classified on the basis of Mineral and Fabric Facies

Faciès textural *Fabric facies*	Faciès minéralogique *Mineral Facies*		
	Granulite à pyroxène *Pyroxene Granulite*	Granulite à hornblende *Hornblende Granulite*	Amphibolite *Amphibolite*
Cataclastique gneissique *Cataclastic gneissose*	Granulites *Granulites*	Granulites à hornblende *Hornblende granulites*	Granulites à biotite *Biotite granulites*
Cristalloblastique *Crystalloblastic*	Gneiss à hypersthène *Hypersthene gneisses*	Gneiss à hornblende *Hornblende gneisses*	Gneiss à muscovite-biotite *Muscovite-biotite gneisses*

Métamorphisme rétrogressif

Le métamorphisme rétrogressif dans les domaines de granulite, semble être restreint aux zones de contact autour des roches intrusives de la série de Morin, surtout les stocks du groupe de Pine Hill et aux zones concordantes rubanées dans la séquence normale de granulite. Dans le but de vérifier cette observation, on a effectué un examen détaillé des roches relativement

Retrogressive Metamorphism

The retrogressive metamorphism in the granulite domains appears to be restricted to the contact zones around the Morin Series intrusives, especially the stocks of the Pine Hill Group, and to interbanded conformable zones in the normal granulite sequence. To test this observation a detailed examination of the relatively well-exposed rocks of a Pine Hill type charnockite stock around

bien exposées d'un stock de charnockite du type Pine Hill autour du lac Poupée, ainsi que des granulites et des paragneiss qui l'entourent (figure 19).

Poupée lake and granulites and paragneisses which surround it (Fig. 19) was made.

Changements au cours d'un métamorphisme rétrogressif

Certaines transformations minéralogiques et texturales sont caractéristiques. Elles ont lieu au cours d'un métamorphisme rétrogressif. Les changements cités ci-après, ont été notés (tableau 22) et sont typiques du développement des roches du faciès amphibolite à partir de la roche mère du faciès granulite.

Changes during Retrogressive Metamorphism

Certain characteristic mineralogical and fabric transformations take place during retrogressive metamorphism. The following changes are noted (Table 22) and are typical of the development of amphibolite facies rocks from granulite facies parent rocks:

1- Développement de minéraux hydratés, telles la hornblende et la biotite;
2- Développement d'une structure gneissique;
3- Recristallisation de perthite en grains discrets de microcline et d'oligoclase;
4- Augmentation de la netteté des mâcles de microcline;
5- Développement de symplectites ou de myrmékites à hornblende et à biotite;
6- Formation de couronnes de sphène, de biotite et de hornblende.

1- Development of hydrous minerals, such as hornblende and biotite;
2- Development of a gneissic structure;
3- Recrystallization of perthite into discrete microcline and oligoclase grains;
4- Increasing distinctness of microcline twins;
5- Development of hornblende and biotite symplektites or myrmekites;
6- Formation of coronas of sphene, biotite and hornblende.

1- Par tradition, on pensait que le développement progressif de minéraux hydratés aux dépens de minéraux anhydres de base, dépendait en premier lieu de la température et de la pression. D'un autre côté, Yoder (1952) a démontré de façon expérimentale qu'il était possible d'avoir des assemblages de minéraux anhydres résultant de différences dans le contenu en eau et non pas des variations de température et de pression.

1- The progressive development of hydrous minerals at the expense of anhydrous parent minerals was traditionally thought to be primarily dependent on temperature and pressure. Yoder (1952) on the other hand has shown experimentally that it is possible to have anhydrous mineral assemblages resulting from differences in water content and not from variations in temperature and pressure.

2- Le développement de structure gneissique à partir de la structure de

2- The development of a gneissic structure from the granulite structure or

granulite ou d'autre structure de grade plus élevé, est un produit normal de recristallisation impliquant la formation de biotite, qui est un minéral hydraté (Tuttle et Bowen, 1958, p. 141-142).

other high fabric is a normal product of recrystallization involving the formation of the hydrous mineral biotite (Tuttle and Bowen, 1958, p. 141-142).

3- La transformation de perthite en grains séparés de microcline et d'oligoclase est également un processus normal à la recristallisation et au refroidissement (Tuttle et Bowen, 1958, p. 137-142) et/ou au métamorphisme rétrogressif (Berthelsen,1960, p. 196). La perthite criniforme caractéristique, devient de plus en plus large dans les roches du faciès granulite à hornblende et forme une mésoperthite. Dans les roches du faciès amphibolite, les bulles de mésoperthite se combinent pour former des perthites nattées ou entrecroisées. De façon ultime, les phases d'exsolution migrent vers les bordures et se séparent en des grains distincts de microcline et d'oligoclase. La présence d'éléments volatils accélérera ce processus de séparation (Tuttle et Bowen, 1958, p. 139).

3-The transformation of perthite to separate microcline and oligoclase grains is also a normal process to recrystallization and cooling (Tuttle and Bowen, 1958, p. 137-142) and/or retrogressive metamorphism (Berthelsen, 1960, p. 196). The characteristic hair perthite becomes increasingly broad in the hornblende granulite facies rocks and forms a mesoperthite. In the amphibolite facies rocks the mesoperthite blebs coalesce to form braided or interlocking perthites. Ultimately the exsolved phases migrate to the borders and segregate into separate microcline and oligoclase grains. The presence of volatiles will speed up this unmixing process (Tuttle and Bowen, 1958, p. 139).

4- La conversion d'orthose en microcline dépend de la température, de la pression limitée, de la pression d'eau et de la composition (Heier, 1961, p. 134-135). Le rôle de la pression d'eau peut être important; ainsi, dans les études sur la stabilité de la microcline et de la sanidine synthétiques, les températures de transition varient de 525°C sous des conditions hydrothermales à 1000°C sous des conditions sèches (Goldsmith et Laves, 1954).

4-The conversion of orthoclase to microcline is dependant on temperature, confining pressure, water pressure and composition (Heier, 1961, p. 134-135). The role of water pressure may be important and in the studies on the stability of synthetic microcline and sanidine, the transition temperatures varied from 525°C under hydrothermal conditions to 1000°C under dry conditions (Goldsmith and Laves, 1954).

5- L'apparition de hornblende et de biotite aux dépens de l'hypersthène, implique également la production de quartz sous la forme d'une fine intercroissance que l'on identifie comme une symplectite de biotite ou de hornblende et de quartz (Sederholm, 1916, p. 125-126). Les réactions suivantes qui contiennent de l'eau, peuvent être importantes (Ramberg, 1952, p. 68, 152).

5- The appearance of hornblende and biotite at the expense of hypersthene also involves the production of quartz in the form of a fine intergrowth termed a biotite or hornblende-quartz symplektite (Sederholm, 1916, p. 125-126). The following reactions which involve water may be important (Ramberg, 1952, p. 68, 152).

$$\underset{\text{plagioclase}}{2CaAl_2Si_2O_8} + 3(Mg,Fe)SiO_3 + H_2O \rightarrow SiO_2 + \underset{\text{hornblende}}{Ca_2(Mg,Fe)_3Al_2Si_6Al_2O_{22}(OH)_2}$$

$$\underset{\text{K-feldspath}}{KAlSi_3O_8} + 3(Mg,Fe)SiO_3 + H_2O \rightarrow 3SiO_2 + \underset{\text{biotite}}{K(Mg,Fe)_3AlSi_3O_{10}(OH)_2}$$

6- L'ajustement des assemblages minéralogiques du faciès granulite avec le faciès amphibolite peut être réfléchi par la structure de couronne. Des auréoles régressives de sphène, de biotite et de hornblende sont caractéristiques de l'ajustement au faciès amphibolite.

6- The adjustment of the granulite facies mineral assemblages to the amphibolite facies may be reflected in the corona structure. Regressive coronas of sphene, biotite and hornblende are characteristic of the adjustment to the amphibolite facies.

Méthodes d'étude - On a recueilli 100 échantillons à travers une grande région, dans le but d'étudier les variations de métamorphisme associé aux contacts du stock de Pine Hill. On a attribué à chacune des lames minces un grade particulier dépendant des assemblages minéralogiques de la roche (PG, HG ou A, tableau 23). Les roches de type granulite à pyroxène "PG" furent séparées des granulites à hornblende "HG" par une ligne réunissant des points correspondants à des stades identiques de métamorphisme de la hornblende et de la biotite "isograd". On a fait une distinction entre les roches du faciès granulite "PG" et "HG" et celles du faciès amphibolite "A", à l'aide de la présence ou de l'absence d'hypersthène dans des roches de

Methods of Study - From a wide area, 100 specimens were collected to study the variations in metamorphism associated with the contacts of the Pine Hill stock. Each thin-section was assigned a particular grade according to the mineral assemblages of the rock. (PG, HG or A, Table 23). The pyroxene granulite rocks "PG" were separated from the hornblende granulite rocks "HG" by the hornblende biotite isograd. The granulite facies rocks "PG" and "HG" were distinguished from the amphibolite facies rocks "A", by the presence or the absence of hypersthene in rocks of appropriate composition. Rocks which dit not show any critical assemblages (e.g. garnet-sillimanite gneiss) peculiar to these facies were treated as being of uncertain grade

composition appropriée. Les roches ne montrant aucun assemblage critique (e. g. gneiss à grenat et à sillimanite) particulier à ces faciès furent traitées comme étant de grade "U" incertain. Les roches dont les assemblages minéralogiques étaient masqués par une altération secondaire, sont identifiées par le symbole "Alt".

"U". Rocks whose mineral assemblages were masked by secondary alteration, were distinguished by the symbol "Alt".

Tab. 22 - Changements observés au cours d'un métamorphisme rétrogressif
Changes observed during Retrogressive Metamorphism

Grade *Grade*	Minéralogie *Mineralogy*	Texture *Fabric*	Perthite *Perthite*	Microcline *Microcline*	Couronne *Corona*	Myrmékite *Myrmekite*
Granulite à pyroxène *Pyroxene Granulite*	M.P. A.P. Hy Di Gr	micro-glanduleuse, granoblastique *microflaser, granoblastic*	fil ficelle *string* *stringlet*	vague absente *vague* *absent*	progressive *progressive*	plagioclase *plagioclase*
Granulite à hornblende *Hornblende Granulite*	Mésoperthite *Mesoperthite* Hy Di Gr Ho Bi	micro-mortier oeillé/*micro-mortar, augen*	ficelle bâtonnet tresse *string, rod, braid*	commune *common*	progressive et/ou régressive *progressive and/or regressive*	plagioclase et/ou hornblende *plagioclase and/or hornblende*
Amphibolite *Amphibolite*	Mi Olg Gr Bi Ho Sph	gneissique *gneissic*	bordure séparée *border segregated*	bien développée/*well developed*	régressive *regressive*	hornblende biotite *hornblende biotite*

Les assemblages minéralogiques, de même que les grades et désignations correspondants des spécimens, sont énumérés au tableau 23 et leur tracé se retrouve à la figure 19. On ne retrouve pas les roches "PG" en deça de ½ de mille des contacts du stock de Pine Hill. On a cependant retrouvé des roches "HG" à l'intérieur du stock, le long de son contact, et en association avec des roches "PG" à travers toute la région. Les roches "A" sont surtout restreintes

The specimens with their mineral assemblages and corresponding grades and designations are listed (Table 23) and plotted on Fig. 19). The PH rocks are not found within ½ of a mile of the contacts of the Pine Hill stock. HG rocks are found in the interior of the stock, along its contact and associated with PG rocks throughout the area. The A rocks are mainly confined to the contact zone around the stock and to a well-defined retrograde

Tab. 23 - Assemblages minéralogiques et grade des échantillons
Mineral Assemblages and Grade of Specimens

No. *No.*	Ass. minéralogiques *Mineral Assemblages*	Grade *Grade*	No. *No.*	Ass. minéralogiques *Mineral Assemblages*	Grade *Grade*
1	Q-A.P.-Hy	PG	51	Q-A.P.-Hy	PG
2	Q-A.P.-Hy	PG	52	Q-A.P.-M.P.-Chl	Alt
3	Q-M.P.-Ho-Hy	HG	53	Q-M.P.-Di	HG
4	Q-M.P.-Chl	Alt	54	Q-Gr	U
5	Q-M.P.-I.M.	PG	55	Q-Mi-Olg-Gr	HG
6	Q-M.P.-I.M.	PG	56	An-Hy-Di-Ho	HG
7	Q-Sill-Gr	U	57	Q-M.P.-Bi	A
8	Q-M.P.-Gr-Bi	HG	58	Q-M.P.-Ho-Bi	A
9	Q-Mi-Olg-Ho-Hy	HG	59	Di-Scp	HG
10	A.P.-Hy-Di-Ho-Bi	HG	60	Q-Mi-Olg-Bi-Mu	A
11	A.P.-Hy-Di	PG	61	Q-Mi-Olg-Bi	A
12	Q-M.P.-A.P.-Chl	Alt	62	Q-Mi-Olg-Gr-Bi	A
13	Q-Mi-Olg-Bi	A	63	Q-Mi-Olg-Bi-Gr	A
14	Q-M.P.-Hy	PG	64	Q-Mi-Olg-Ho-Bi	A
15	Q-M.P.-I.M.	PG	65	An-Gr-C-Sp	U
16	Q-Mi-Olg-Ho-Bi	A	66	An-Hy-Di-Ho	HG
17	Q-Mi-Olg-Bi	A	67	Q-M.P.-Bi	A
18	An-Hy-Di-Gr	PG	68	Q-M.P.-Ho-Bi	A
19	Q-M.P.-Bi	A	69	Di-Scp-Q	HG
20	Q-Mi-Olg-Bi	A	70	Di-Scp	HG
21	Q-M.P.-Gr	PG	71	Di	U
22	Q-Olg-Gr-Bi	HG	72	Q-M.P.-Hy-Ho	HG
23	An-Hy-Di-Ho-Bi	HG	73	Q-M.P.-Ho-Hy	HG
24	Q-M.P.-Hy-Ho	HG	74	Q-M.P.-Hy-Gr	PG
25	Q-M.P.	U	75	Q-M.P.-Hy-Ho	HG
26	Q-M.P.-I.M.-Bi-Gr	HG	76	Q-M.P.-Ho-Bi	A
27	Q-Mi-Olg-Gr-Bi	A	77	Q-M.P.-Hy-Ho	HG
28	Q-M.P.-Gr	PG	78	Q-M.P.-Ho-Hy	HG
29	Q-M.P.-Hy	PG	79	Q-M.P.-Ho-Bi	A
30	Q-M.P.-A.P.-Hy	PG	80	Q-Olg-Bi	A
31	Q-Olg-Gr-Bi	A	81	Q-M.P.-Hy-Ho	HG
32	An-Hy-Di-Ho	HG	82	Q-M.P.-Bi-Ho	A
33	An-Hy-Di	PG	83	Q-M.P.-Ho-Bi	A
34	Q-M.P.-Gr	PG	84	Q-M.P.-Ho-Bi	A
35	Q-M.P.-Hy	PG	85	Q-M.P.-Hy-Ho	HG
36	A.P.-Hy-Di-Gr	PG	86	Q-A.P.-Hy-Bi	HG
37	Q-Gr-Sill	U	87	An-Hy-Bi	HG
38	Q-Gr	U	88	Q-Mi-Olg	A
39	Q-Mi-Olg-I.M.	PG	89	Q-M.P.-Hy	PG
40	Q-Gr-Sill	U	90	Q-A.P.-Hy	PG
41	Q-M.P.	PG	91	Q-M.P.-Ho-Hy	HG
42	Q-Gr	U	92	Q-Gr-Sill	U
43	Q-M.P.-Hy	PG	93	An-Hy-Ho	HG
44	Q-An-Hy	PG	94	Q-Mi-Olg-Mu-Bi	A
45	Q-M.P.-Gr-I.M.	PG	95	An-Ho-Hy-Di	HG
46	Q-M.P.-Gr	PG	96	Bi-Gr-Co	U
47	Q-A.P.-Hy	PG	97	Q-Olg-Hy-Gr-Bi	HG
48	Q-M.P.-Hy	PG	98	Q-M.P.-Ho-Bi	A
49	Q-M.P.-Hy-Ho	HG	99	Q-A.P.-M.P.	U
50	Q-A.P.-Hy	PG	100	Q-A.P.-Hy-Gr	PG

à la zone rétrograde bien définie située plus au sud. Les roches de grade "A" apparaissent à travers toute la région, en ruban avec les roches "PG" et "HG". Buddington, (1963) et Walton (1955, p. 11) ont identifié des effets rétrogrades semblables, qui étaient associés avec des contacts ignés, dans d'autres terrains à grade plus élevé.

STRUCTURE

Les orientations structurales majeures sont vers le nord et le nord-est avec des pendages prononcés (figure 20). Le style tectonique a été influencé par les intrusions de la série de Morin et la structure est assez compliquée (Osborne, 1936b), ce qui a eu pour résultat que l'on a pas encore tenté d'études détaillées. Kranck (1961, p. 307-308) et associés ont identifié au moins deux déformations dans toute la région. La déformation la plus vieille causa un plissement général des gneiss et la plus jeune ou déformation secondaire a pu produire les textures cataclastiques (gneissiques) qui prévalent dans ces roches. Dans des régions à l'est et à l'ouest, où ces intrusions sont absentes, la structure est plus simple et se prête ainsi plus facilement à une analyse tectonique (Osborne et Lowther, 1936 et Dimroth, 1966).

Domaines géologiques

Par commodité, on a divisé la région cartographiée en 12 unités (figure 20). Chacune de ces unités, que l'on identifie comme un domaine, possède des limites bien définies ainsi que des traits lithologiques et/ou structuraux caractéristiques montrés

zone further to the south. Rocks of "A" grade are also found locally interbanded with "PG" and "HG" rocks throughout the area. Similar retrograde effects associated with igneous contacts have been noted in other high-grade terrains by Buddington (1963) and Walton (1955, p. 11).

STRUCTURE

The regional structural trends are north to northeast with steep dips (Fig. 20). The tectonic style has been influenced by the Morin Series intrusives and the structure is quite complex (Osborn, 1936b). As a result no detailed studies have been attempted. At least two deformations have been recognized in this general area by Kranck (1961, p. 307-308) and associates. The oldest deformation caused general folding of the gneisses and the youngest or secondary deformation may have caused the cataclastic (gneissose) textures prevalent in these rocks. In areas to the east and west, where these intrusives are absent, the structure is simpler and more amenable to tectonic analysis (Osborne and Lowther, 1936, and Dimroth, 1966).

Geological Domains

For convenience, the map area is divided into 12 units (Fig. 20). Each unit, which is referred to as a domain, has well-defined borders and characteristic, lithological and/or structural features as shown on figures 21 and 22. These features are readily apparent

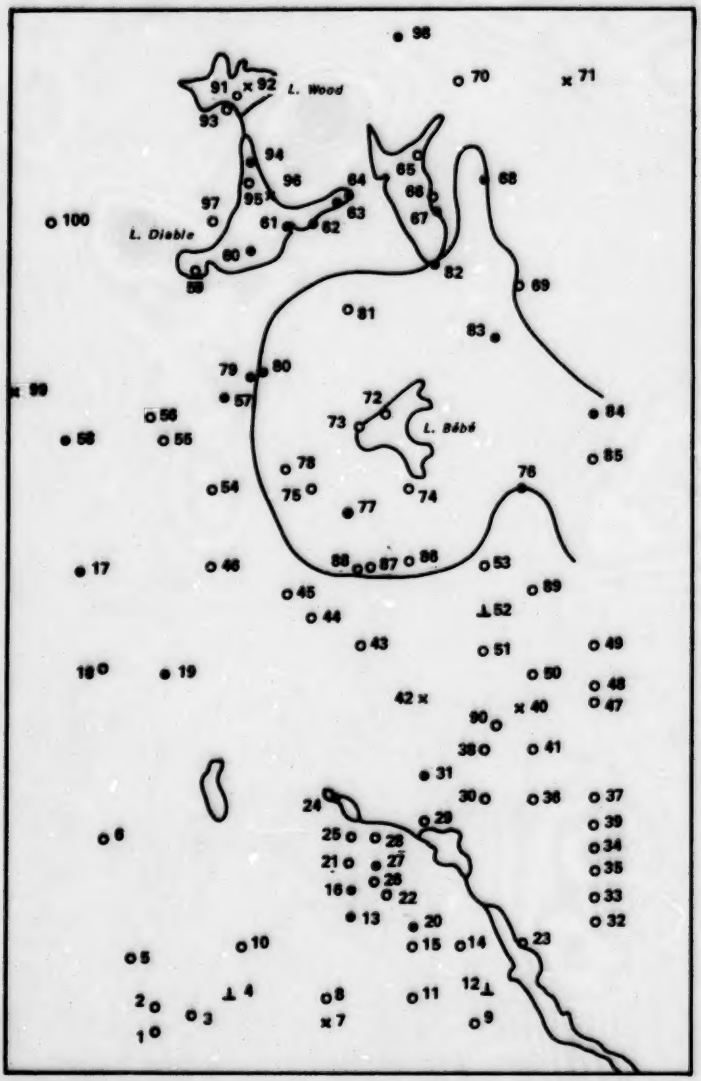


Figure 19 Variations dans le métamorphisme. Les cercles ouverts "PG", les cercles "HG", les points "A", les x "U" et les "⊥" Alt. (voir page 108)

Variations in metamorphism. Open circles 'PG', full circles, 'HG', dots 'A', x's 'U' and ⊥ 'Alt'. ***(see page 108)***

dans les figures 21 et 22. Ces traits sont faciles à distinguer à partir des relations de terrain et se reflètent dans les expressions topographiques et magnétiques des anomalies. On utilise le terme "domaine" dans le sens suggéré par Turner et Weiss (1963, p. 20) "... dans le but de spécifier toute portion limitée ... d'une masse de roche qui est statistiquement homogène à l'échelle du domaine. Ces derniers sont généralement limités par des frontières qui sont des surfaces naturelles de discontinuité majeure dans la structure ou la composition". On peut appeler "sous-domaine" toute portion d'un domaine particulier. Les domaines sont disposés dans le sens des aiguilles d'une montre autour d'un noyau central qui est le domaine 1 situé dans la partie est-central de la carte (figure 20).

from field relationships and are reflected in their topographic expressions and magnetic anomalies. The term "domain" is used in the sens suggested by Turner and Weiss (1963, p. 20)"... to specify any finite ... portion of a rock body that is statistically homogenous on the scale of the domain. Domains are usually outlined by boundaries that are natural surfaces of major discontinuity in structure or composition". A portion of a particular domain may be termed a "subdomain". The domains are arranged in clockwise fashion around a central core, "domain 1" which is situated in the central-eastern portion of the map (Fig. 20).

Foliation et linéation

La foliation se caractérise par un plan mésoscopique simple, déterminé par l'orientation dimensionnelle parallèle de lentilles aplaties ou de feuillets de quartz et/ou des yeux lenticulaires de feldspath. Les minéraux foncés et les accessoires semblent avoir été différenciés de façon mécanique et étirés en zones parallèles ou lenticulaires qui alternent souvent avec les composants quartzofeldspathiques produisant ainsi une foliation évidente.

D'autres contributions importantes à la foliation s'ajoutent telles le rubanement compositionel, le litage originel et la croissance de porphyroblastes dans les plans de foliation préexistants. Ce rubanement compositionnel peut s'observer à diverses échelles. Quand les roches sont rubanées, des

Foliation and lineation

The foliation is characterized by a single mesoscopic plane which is determined by the parallel dimensional orientation of flat lenses or leaves of quartz and/or lenticular augen of feldspar. The dark minerals and accessory constituents seem to be mechanically differentiated and strung out in parallel or reticulating zones which often alternate with the quartzofeldspathic components to also produce a conspicuous foliation.

Other important contributions to foliation are compositional layering, original bedding and porphyroblasts growing in pre-existing foliation planes. Compositional layering can be found in various scales. When the rocks are banded leucocratic bands alternate with dark members on an outcrop scale. Within

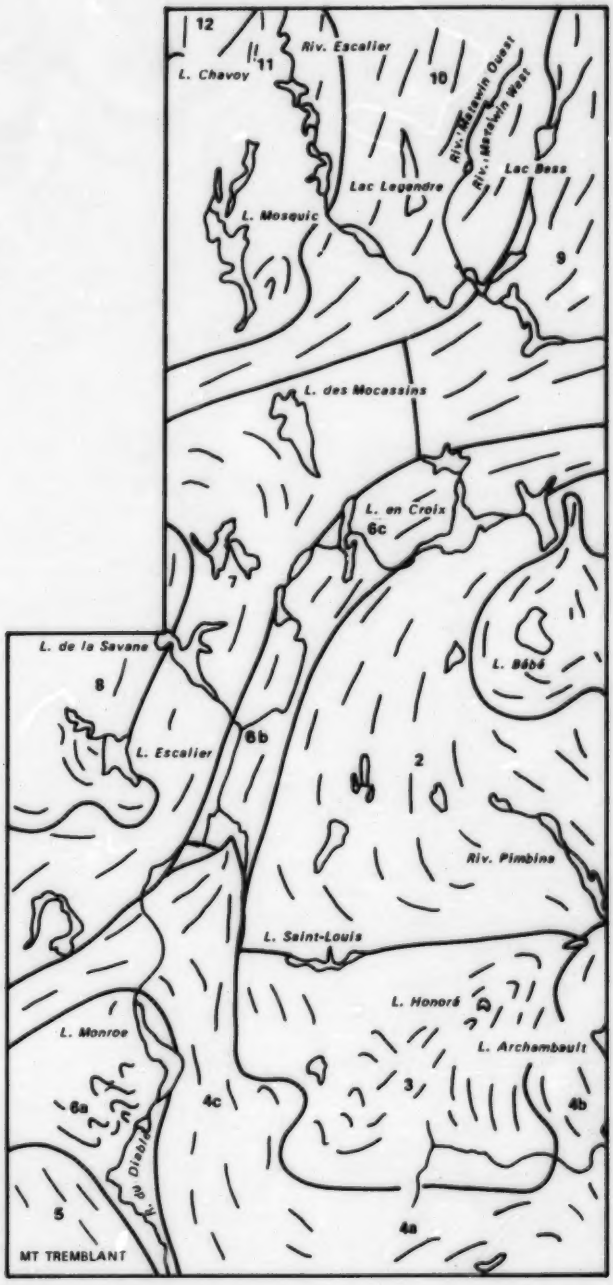


Figure 20 Domaines géologiques et orientations structurales

Geological domains and structural trends

0 1
Milles Miles

bandes leucocratiques alternent avec des membres foncés à l'échelle de l'affleurement. A l'intérieur des bandes individuelles, des couches plus minces reflétant les différences de composition sont facilement observables et sont habituellement parallèles aux structures rubanées de plus grande dimension. On les retrouve souvent aux contacts des zones de réaction qui semblent être le résultat d'une réaction et d'une différenciation métamorphique entre les unités incompatibles. Un litage originel n'est que rarement observé dans les membres de quartzite et, lorsque présent, il est parallèle à la foliation. Cette foliation de surface est souvent délimitée par des porphyroblastes qui forment des noyaux le long de plans de foliation préexistants.

Les structures linéaires se forment par le parallélisme de grains allongés de quarts, des fuseaux ou des yeux de feldspath et des minéraux foncés prismatiques et aplatis et les axes de plis des plis mineurs. La linéation se situe dans le plan de foliation; lorsque mesurée, cette linéation semble être parallèle à l'axe du pli.

Les figures 21 et 22 montrent des projections d'aires égales des pôles aux plans de foliation et aux linéations pour chacun des domaines. On n'a cependant pas inclus le domaine 8 à cause du manque de données structurales.

Ces tracés ont été interprétés selon la méthode de Turner et Weiss (1963, p. 158-163). Les domaines 1, 5, 6c et 11 reflétant des structures en forme de couches à pendage abrupt qui sont respectivement orientées vers le nord, le nord-ouest et le nord-est. Le domaine 2 montre une ceinture prononcée orientée vers le nord-est, avec une

the individual bands finer layers reflecting compositional differences are easily discernible and are usually parallel to the larger scale banded structures. Often there are at contacts reaction zones produced as a result of reaction and metamorphic differentiation between incompatible units. Original bedding is only rarely observed in the quartzite members and when noted is parallel to the foliation. Porphyroblasts nucleating along pre-existing foliation planes often outline this foliation surface.

The linear structures are formed by the dimensional parallelism of elongated grains of quartz, spindles or augen of feldspar and prismatic and platy dark minerals, and the fold axes of minor folds. The lineation lies in the foliation plane when measured seems to be parallel to the fold axis.

Equal area projections of poles to foliation planes and lineations are presented for each domain in Fig. 21 and 22. Domain 8 was not included due to lack of structural data.

The plots are interpreted according to Turner and Weiss (1963, p. 158-163). Domains 1, 5, 6c and 11 reflect deeply dipping sheet-like structures trending respectively, north, northwest and northeast. Domain 2 shows a marked girdle trending northeast, with lineation plunging moderately to the southeast. This indicates a

linéation plongeant modérément vers le sud-est. Ceci indique un pli couché avec un plan axial orienté vers le nord-est et avec un pendage modéré vers le sud-est. Un type semblable de structure est visible dans le domaine 3. Le domaine 4 illustre une structure de plissement plus complexe avec un plan axial vertical orienté vers le nord-est. Des structures similaires s'observent dans le domaine 10 où le plan axial est orienté presque nord-sud et le domaine 7 où l'orientation est nord-est. Dans le domaine 9, la structure est compliquée et les plis ont un plan axial vertical orienté vers le nord-est. Le domaine 12 reflète un plissement assymétrique avec un plan axial orienté vers le nord-ouest. En résumé, la région démontre essentiellement des plis orientés vers le nord et le nord-ouest. Le peu de données sur la linéation indiquent des plongées vers le sud-est.

reclined fold with axial plane trending northeast and dipping moderately to the southeast. A similar type of structure is apparent in domain 3. Domain 4 shows a more complex fold structure with vertical axis plane trending northeast. Similar structures are apparent in domain 10 where the axial plane trends almost north-south and domain 7 where the trend is northeast. In domain 9 the structure is complicated and the folds have a vertical axial plane striking northeast. Domain 12 reflects assymetric folding with axial plane striking in the northwest direction. In summary the area displays essentially north to the northeast trending folds. The meagre lineation data indicates plunges to the southeast.

Cette synthèse est compatible avec les observations de Wynne Edwards et autres (1966, p. 26-29) qui a interprété les données structurales d'une grande région comprenant celle présentement étudiée. Selon lui, la structure Grenville actuelle est essentiellement un groupe de plis à flancs abrupts plongeant vers le nord et qui ont été repris par des structures orientées vers le nord-est pendant l'orogénèse Grenville.

This synthesis is consistent with the observations of Wynne Edwards et al (1966, p. 26-29) who has interpreted the structural data of a large area including the one under study. According to him the pre-Grenville structure was essentially a set of steep limbed north trending folds which were over-printed by northeast trending structures during the Grenville orogeny.

Failles et joints

Un linéament est-ouest passant à travers le lac Saint-Louis, appelé le linéament du lac Saint-Louis, est l'expression linéaire la plus remarquable dans la région cartographiée; cependant, des failles identifiables

Faults and Joints

An east-west lineament passing through St-Louis lake termed the St-Louis Lake lineament, is the most prominent linear expression in the map area, however, recognisable faults are rare. Several sets of joint systems

Domaine 1 - 45 pôles de foliation
Contours 2.2%, 4.4%, 6.6% et 8.8% par région de 1%

Domain 1 - 45 poles to foliation
Contours - 2.2%, 4.4%, 6.6% and 8.8% per 1% area

Domaine 2 - 111 pôles de foliation, 16 linéations
Contours - 1%, 3%, 4.5%, 6.5% (fol.)
6%, 12% (lin.) par région de 1%

Domain 2 - 111 poles to foliation, 16 lineations
Contours - 1%, 3%, 4.5%, 6.5% (fol.)
6%, 12% (lineation) per 1% area N

Domaine 3 - 67 pôles de foliation
Contours - 1.5%, 3%, 6% par région de 1%

Domain 3 - 67 poles to foliation
Contours - 1.5%, 3%, 6% per 1% area

Domaine 4 - 62 pôles de foliation
Contours - 1.5%, 3%, 5% et 8% par région de 1%

Domain 4 - 62 poles to foliation
Contours - 1.5%, 3%, 5% and 8% per 1% area

Domaine 5 - 14 pôles de foliation
Contours - 7%, 14%, 28% et 43% par région de 1%

Domain 5 - 14 poles to foliation
Contours - 7%, 14%, 28% and 43% per 1% area

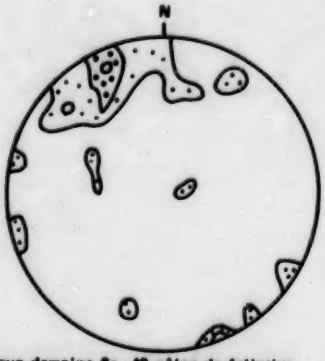
Sous-domaine 6a et 6b - 28 pôles de foliation
Contours - 4%, 8% et 12% par région de 1%

Subdomain 6a and 6b - 28 poles to foliation
Contours - 4%, 8% and 12% per 1% area

B-1145

Figure 21 **Projection d'aire égale de pôles de foliation (pointillé) et de linéation (patron linéaire) des domaines 1 à 6a et 6b.**

Equal area projection of poles to foliation (stippled) and lineation (linear pattern) of domain 1 to 6a and 6b.



Sous-domaine 6c - 40 pôles de foliation
Contours - 2.5%, 7.5% et 20% par région de 1%

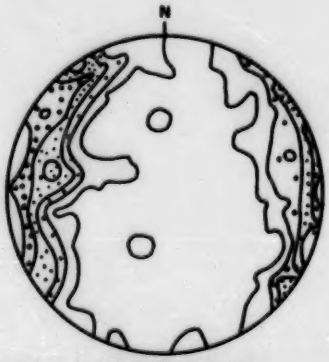
Subdomain 6c - 40 poles to foliation
Contours - 2.5%, 7.5% and 20% per 1% area

Domaine 7 - 37 pôles de foliation
Contours - 3%, 6% et 10% par région de 1%

Domain 7 - 37 poles to foliation
Contours - 3%, 6% and 10% per 1% area

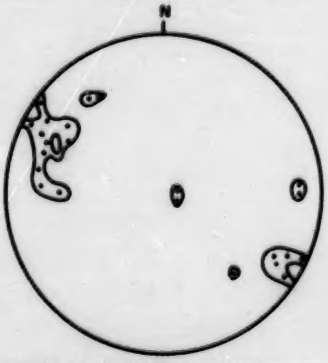
Domaine 9 - 60 pôles de foliation
Contours - 1.7%, 5% et 10% par région de 1%

Domain 9 - 60 poles to foliation
Contours - 1.7%, 5% and 10% per 1% area



Domaine 10-138 pôles de foliation
Contours - 7%, 2%, 3.5% et 8% par région de 1%

Domain 10 - 138 poles to foliation
Contours - .7%, 2%, 3.5% and 8% per 1% area



Domaine 11 - 12 pôles de foliation
Contours - 8% et 17% par région de 1%

Domain 11 - 12 poles to foliation
Contours - 8% and 17% per 1% area

Domaine 12 - 26 pôles de foliation
Contours - 4%, 8%, 12% et 24% par région de 1%

Domain 12 - 26 poles to foliation
Contours - 4%, 8%, 12% and 24% per 1% area

B-1145

Figure 22 Projection d'aire égale de pôles de foliation (pointillé) des domaines 6c à 12.

Equal area projection of poles to foliation (stippled) of domains 6c to 12.

sont rares. Plusieurs jeux de systèmes de joints ont été identifiés dans des terrains plissés. Les plus évidents sont les joints "b-c", orientés vers le nord-est et parallèles à l'axe de pli. Les joints perpendiculaires "a-c" sont moins bien développés. Un jeu remarquable de joints radiaux entoure les côtés nord et ouest du lac Beattie et une série de joints parallèles, en échelon, sont orientés vers le nord-est et perpendiculaires à la foliation du Mont Tremblant (domaine 5).

are noted in folded terrains. The most conspicuous are (the northeast trending) "b - c" joints parallel to the fold axis. Less well developed are the perpendicular "a - c" joints. A prominent set of radial joints surrounds the north and west sides of Beattie lake and a series of parallel, en - echelon, northeast trending joints is perpendicular to the foliation of Mont Tremblant (domain 5).

GEOLOGIE ECONOMIQUE

La région n'a que peu sinon aucune importance économique et on n'a dénichè aucune évidence de minéralisation extensive sur le terrain. Des travaux d'exploration pour le fer et le titane ont été effectués en 1965 dans la région du lac Provost.

ECONOMIC GEOLOGY

The area has had little if any economic importance and no evidence of extensive mineralization was encountered in the field. Exploration work for iron and titanium was carried out in the Provost Lake area in 1965.

Dépôts métalliques

Magnétite-Ilménite

Continental Iron and Titanium Mining Ltd., lots 50 et 51, rang IV et SW ¼ des lots 51 à 55, lot 56 rang V, canton de Lussier. On a foré un trou d'exploration au printemps de 1955 à environ un mille au nord-est du coin nord-est du lac Vanneau; ceci faisait suite à la découverte d'une anomalie magnétique avec une aiguille d'inclinaison. Les résultats ne furent pas encourageants et les travaux furent discontinués.

On a trouvé, sur une petite île située du côté nord-ouest du lac Rossi, un dépôt riche en magnétite. On a également trouvé, juste au sud-ouest de cette localité et dans une anomalie

Metallic Deposits

Magnetite-Ilmenite

Continental Iron and Titanium Mining Ltd., lots 50 and 51, Range IV and SW ¼ lots 51 to 55, lot 56 Range V, Lussier township. An exploratory diamond drill hole was sunk in the spring of 1955 about 1 mile northeast of the northeast corner of Vanneau lake following the discovery of a magnetic anomaly with a dip needle. The results were not encouraging and drilling was discontinued.

On a small island on the northwest side of Rossi lake a local magnetite-rich deposit was found. Just southwest of this locality in a negative magnetic anomaly was found a gabbro

magnétique négative,un gabbro contenant environ 20% en poids d'hématite et d'ilménite (Wynne Edwards et al,1966, p.29).

On a retracé des gabbros et des mangérites riches en oxyde de fer et titane juste au sud du lac en Escalier, à l'extrémité sud du lac Archambault et à l'extrémité nord du lac Legendre.

Chalcopyrite

On a trouvé des petites mouchetures de chalcopyrite dans les gneiss rubanés près du premier pont sur la rivière Matawin Ouest, au nord de la tour de feu de Sac à Commis. La chalcopyrite est plus ou moins altérée en une poudre vert pâle (malachite) et semble être confinée à une couche foncée rubanée riche en grenat.

Pyrite

Elle est disséminée dans les paragneiss et contribue à la surface d'altération rouillée qui est si commune dans ces roches. On a trouvé de petites veines de pyrite et de pyrrhotine dans la mangérite quartzifère située juste à l'est du lac Monroe, au pied de la falaise le long de la route du parc. On a également trouvé une quartzite peu ordinaire, contenant jusqu'à 5% de petits cubes de pyrite; cette quartzite apparaît sous la forme d'inclusions dans les alaskites sises près de la tour de feu de la rivière Escalier.

Dépôts non-métalliques

Graphite

On peut voir du graphite sous la forme de paillettes disséminées dans quelques-uns des paragneiss rouillés, autour des lacs en Escalier et en Croix. On en retrouve aussi localement, en quantités appréciables, dans les roches

containing about 20% by weight of hematite and ilmenite (Wynne Edwards et al, 1966, p. 29).

Iron-titanium-oxide-rich mangerites and gabbros were found just south of Escalier lake, at the southern extremity of Archambault lake and the north end of Legendre lake.

Chalcopyrite

A few specks of chalcopyrite were found in the banded gneisses near the first bridge on the Matawin Ouest river northwest of the Sac à Commis fire tower. The chalcopyrite is more or less altered to a pale green powder (malachite) and seems to be confined to a dark interbanded layer rich in garnet.

Pyrite

Pyrite is disseminated in the paragneisses and contributes to the rusty weathering surface so common in these rocks. Small veins of pyrite or pyrrhotite were found in the quartz mangerite just east of Monroe lake at the bottom of the cliff alongside the park road. A peculiar quartzite, containing up to 5% tiny pyrite cubes, was found as inclusions in the alaskites near the Escalier River fire tower.

Non-Metallic Deposits

Graphite

Graphite is conspicuous as disseminated flakes in some of the rusty weathering paragneisses around Escalier and Croix lakes. It is also found locally in appreciable amounts in the calcareous, lime silicate rocks, where it

calcareuses et silico-calciques, où il prend la forme de petites masses globulaires atteignant un pouce de diamètre, tel qu'on peut le voir juste au sud du lac Monroe.

occurs as pod-like masses up to 1 inch in diameter as seen just south of Monroe lake.

Silice

Dû à la proximité de l'ancienne mine Dominion Silica de St-Donat, la majeure partie des affleurements de quartzite fut examiné en détail; cependant, aucun ne possédait une teneur économique ou une étendue permettant une exploitation. Cette ancienne mine, Dominion Silica, opère maintenant à ciel ouvert et se situe à environ 1½ mille à l'est-sud-est de Saint-Donat, dans les lots 22 et 23 du rang II, du canton de Lussier. Elle appartient maintenant à l'Industrial Minerals Corp. Ltd.

Silica

Because of the proximity of the former Dominion Silica Mine of St-Donat to the map area, most exposures of quartzite were closely examined, however, none were evaluated as of economic grade or extent to warrant any exploitation. This former Dominion Silica Mine is now an open-pit mine about 1½ miles east-southeast of St-Donat in lots 22 and 23 of Range II, Lussier township. It is now owned by Industrial Minerals Corp., Ltd.

Mica

On a trouvé de la phlogopite grossièrement cristalline, de taille atteignant 2 pouces par 4 pouces, le long de la route au nord de la rivière Matawin Ouest, et à l'intérieur d'une roche silico-calcique à grain fin. Quelques portions de la roche contiennent plus de 50% de phlogopite.

Mica

Coarsely crystalline phlogopite as large as 2 by 4 inches was found on the north Matawin river road in a fine-grained lime silicate rock. Some portions of the rock contained more than 50% phlogopite.

Pierre de construction

Quelques-uns des cailloux et des roches sont exploités pour la construction locale ou pour des buts d'ornementation. Quelques-uns des granites et des syénites situés autour du lac de la Savane ont été expérimentés comme pierre à monument pendant l'été de 1964. On a abondamment utilisé du sable et du gravier pour l'entretien et la construction de routes.

Construction Stone

Some of the boulders and rocks are being exploited for local building and ornemental purposes. Some of the granites and syenites around Savane lake were being tested for monument stone in the summer of 1964. Sand and gravel are used extensively for road maintenance and construction.

BIBLIOGRAPHIE/*BIBLIOGRAPHY*

Adams, F.D. 1896 - Report on the Geology of a Portion of the Laurentians North of the Island of Montréal, Geol. Surv. Can. Ann. Rept., 1895, 8, pt. J.184 pp.

Adams, F.D. 1929 - The Geology of Ceylon, Can. J. Res., 1, p.425-511.

Adams, F.D. & Barlow, A.E. 1910 - Geology of the Haliburton-Bancroft Area, Geol. Surv. Can. Mem. 6, 418 pp.

Adams, F.D. et al 1907 - Report of Special Commitee on Correlation of Precambrian Rocks of Adirondacks and Laurentian, J. Geol., 15, p. 191-217.

Barth, T.F.W. 1962 - Theoretical Petrology, John Wiley & Sons, New York, 416 pp.

Barth, T.F.W., Correns, C.W. & Eskola, P. 1960 - Die Entstehung der Gesteine, Springer-Verlag, Berling, 422 pp.

Béland, R. 1960 - Région de Rawdon, ministère des Richesses naturelles du Québec, rapport géologique 92, 35 pp. *The Rawdon Area, Quebec Dept. Mines, Geol. Rept. 92, 35 pp.*

Bérard, J. 1961 - Rapport préliminaire sur la région de Cartier-Tracy, ministère des Richesses naturelles du Québec, rapport préliminaire 449, 7 pp. *Preliminary Report on Cartier-Tracy Area, Quebec Dept. Natural Res., Prelim. Rept. 449, 7 pp.*

Berthelsen, A. 1960 - Structural Studies in the Precambrian of West Greenland, Geology of Tovqussap Nuna, Medd. Gronland, 123, No. 1, 223 pp.

Binns, R.A. 1964 - Zones of Progressive Regional Metamorphism in the Willyama Complex, Broken Hill District, N.S.W., J. Geol. Soc. Australia, XI, p. 283-330.

Brögger, W.C. 1935 - The South Norwegian Hyperites and their Metamorphism, Skrifter Norske Videnskaps, Akad, Oslo, 1: Mat.-Naturv. Kl., p. 1-421.

Buddington, A.F. 1939 - Adirondack Igneous Rocks and their Metamorphism, Geol. Soc. Am., Mem. 7, 354 pp.

Buddington, A.F. 1952 - Chemical Petrology of some Metamorphic Adirondack Gabbroic, Syenitic and Quartz Syenitic Rocks, Am. J. Sci., Bowen Volume, p. 37-84.

Buddington, A.F. 1957 - Interrelated Precambrian Granitic Rocks, Northwest Adirondacks, New York, Bull. Geol. Soc. Am., 68, p. 291-306.

Buddington, A.F. 1963 - Isograds and Role of H_2O in Metamorphic Facies of Orthogneiss of the Northwest Adirondack, New York, Bull. Geol. Soc. Am., 74, p.1155-1182.

Buddington, A.F. & Leonard, B.F. 1962 - Regional Geology of the St. Lawrence City Magnetite Deposit District, Northwest Adirondacks, U.S. Geol. Surv., Profess. Papers, 376, 145 pp.

Christie, J.M. 1960 - Mylonite Rocks of the Moine Thrust Zone, Trans. Edinburg Geol. Soc., 18 p. 79-93.

Correns, C.W. 1956 - The Geochemistry of the Halogens, Physics and Chemistry of the Earth, 1, Pergamon Press, New York, p. 181-233.

Côté, P.E. 1960 - Région de Chertsey, ministère des Mines du Québec, rapport géologique 93, 30 pp. *Chertsey Area, Quebec, Dept. Mines, Geol. Rept. 93, 30 pp.*

Dimroth, E. 1966 - Deformation in the Grenville Province between Gatineau and Petite Nation river, Quebec, Neues Jahr. Mineral. Abhund. 105, p. 93-109.

Dresser, J.A. 1916 - Geology of Part of the Lake St. John District, Quebec, Can., Mem. 92, 88 pp.

Duesing, C.M. 1962 - Rapport préliminaire sur la région de Lussier-Tellier, ministère des Richesses naturelles du Québec, rapport préliminaire 402, 9 pp. *Preliminary Report on Lussier-Tellier Area, Que., Dept. Nat. Resources, Prelim. Rept. 402, 9 pp.*

Ells, R.W. 1898 - Geology of the Three Rivers Map Sheet, Geol. Surv. Can., Ann. Rept. 11, part J. 70 pp.

Eskola, P. 1952 - On the Granulites of Lapland, Am. J. Sci., Bowen Volume, p. 133-172.

Faessler, C. 1943 - Le Granite Pre-anorthosite de la Sous-Grenville, Naturaliste Can., 70 p. 97-138.

Flint, R.F. 1951 - Highland Centers of Former Glacial Outflow in Northwestern North America, G.S.A. Bull., v. 62, p. 21-37.

Fyfe, W.S. Turner, F.J. & Verhoogen, J. 1958 - Metamorphic Reactions and Metamorphic Facies, Geol. Soc. Am., Mem. 73, 259 pp.

Goldsmith, J. & Laves, F. 1954 - Microcline-Sanidine Stability Relations, Geochim. Cosmochim. Acta, 5. p. 1-19.

Goldsmith, R. 1959 - Granofels, a New Metamorphic Rock Name, J. Geol., 67, p. 109-110.

Groves, A.W. 1935 - Charnockite Series of Uganda, Quart. J., Geol. Soc. London, 91, p. 150-207.

Grubenmann, U. 1910 - Die Kristallien Schiefer, Borntrager, Berlin, 280 pp.

Harker, A. 1939 - Metamorphism, Methuen and Co., London, 362 pp.

Heier, K.S. 1956 - The Geology of the Orsdalen District, Norsk Geol. Tidsskr., 36, p. 167-212.

Heier, K.S. 1961 - The Amphibolite Granulite Facies Transition Reflected in the Mineralogy of the K Feldspars, Cursillos Y Conferencos, VIII, p. 131-137.

Heitanen, A. 1947 - Archean Geology of the Turku District, Bull. Geol. Soc. Am., 58 p. 1019-1084.

Hodal, J. 1945 - Rocks of the Anorthosite Kindred in Vosselstrand, Norway, Norsk Geol. Tidsskr., 24, p. 129-243.

Howie, R.A. 1955 - The Geochemistry of the Charnockite Series, Trans. Roy. Soc. Edinburgh, 62, p. 725-768.

Howie, R.A. 1963 - Cell Parameters of Orthopyroxenes, Mineral Soc. Am., Spec. Paper 1, p. 213-222.

Howie, R.A. 1965 - The Pyroxenes of Metamorphic Rocks, Controls in Metamorphism, Oliver and Boyd, London, p. 319-326.

Howie, R.A. & Subramaniam, A.P. 1957 - The Paragenesis of Garnet in Charnockite, Enderbite and Related Granulites, Mineral. Mag., 31, p. 563-586.

Jeremine, E. 1949 - Sur Quelques Roches Intrusives et Métamorphiques de la Province de Québec, Mém. Soc. Vaudoise Sci. Nat., 59, 9, p. 163-194.

Jones, A.G. 1959 - Vernon Map Area, Can. Dept. Mines Tech. Surv., Geol. Surv. Can., Mem. 296, 186 pp.

Klugman, M.A. 1959 - Région de Doncaster, ministère des Richesses naturelles du Québec, rapport géologique 94, 25 pp.

1960 - Doncaster Area, Quebec, Dept. Mines, Geol. Rept., 94, 25 pp.

Kranck, E.H. 1957 - On Folding Movements in the Zone of the basement, Geol. Rundschau, 46, p. 261-282.

Kranck, E.H. 1961 - The Tectonic Position of the Anorthosites in Eastern Canada, Bull. Comm. Geol. Finlande, 196, p. 299-320.

Kretz, R. 1963 - Distribution of Mg and Fe between Orthopyroxene and Calcic Pyroxenes in Natural Mineral Assemblages, J. Geol., 71, p. 773-785.

Laverdière, C. & Courtemanche, A. 1959 - 1- La Geomorphologie Glaciaire de la région du Mont Tremblant; Généralités et Traits d'ensemble, Rev. Can. Geogr, v. 13. p. 102-134.

Laverdière, C. & Courtemanche, A. 1961 - 2- La région de Saint-Faustin - Saint-Jovite; Cahiers de Geogr. Québec, no. 9, p. 5-32.

Laverdière, C. & Courtemanche, A. 3- Ecoulement Glaciaire et Répention Lacustre; Rev. Geogr. Montréal, v. XIX, p. 99-122.

Moorhouse, W.W. 1959 - The Study of Rocks in Thin-Section, Harper and Bros., New York, 514 pp.

Mueller, R.F. 1960 - Compositional Characteristics and Equilibrium Relationships in Mineral Assemblages, Am. J. Sci., 258, p. 449-497.

Nockolds, S.R. 1954 - Average Chemical Composition of some Igneous Rocks, Bull. Geol. Soc. Am., 65 p. 1007-1032.

Nockolds, S.R. & Allen, R. 1953 - The Geochemistry of Some Igneous Rock Series, Geochim. Cosmochim. Acta, 4, p. 105-142.

Osborne, F.F. 1933 - Commercial Granites of Quebec, part II, Quebec Bureau Mines, Ann. Rept., 1932, part E, 72 pp.

Osborne, F.F. 1935 - Labelle-l'Annonciation Map Area, Quebec Bureau Mines, Ann. Rept. 1934, part E, 52 pp.

Osborne, F.F. 1936a- Petrology of the Shawinigan Falls District, Bull. Geol. Soc. Am., 47, p. 197-228.

Osborne, F.F. 1936b- Intrusives of Part of the Laurentian Complex in Quebec, Am. J. Sci., 32, p. 407-434.

Osborne, F.F. 1936c- Sainte-Agathe-Saint-Jovite Map Area, Quebec Bur., Mines, Ann. Rept. 1935, part C, p. 53-88.

Osborne, F.F. 1949 - Coronite, Labradorite, Anorthosite and Dikes of Andesine Anorthosite, New Glasgow, P.Q., Trans. Roy. Soc. Can., Section IV. p. 85-112.

Osborne, F.F. & Lowther, G.K. 1936 - Petrotectonics at Shawinigan Falls, Quebec, Bull. Geol. Soc. Am., 47. p. 1343-1370.

Osborne, F.F. & McGerrigle, H.W. 1938 - Lachute Map Area, Quebec Bureau Mines, Ann. Rept. 1936, part C, 91 pp.

Osborne, F.F. & Morin, M 1962 - Tectonics of Part of the Grenville Subprovince in Quebec, The tectonics of the Canadian Shield, Roy, Soc. Can., Spec. Pub., 4, p. 118-143.

Philpotts, A.R. 1966 - Origin of the Anorthosite-Mangerite Rocks in Southern Quebec, J. Petrol., 7, p. 1-64.

Pollock, D.W.T. 1960 - Rapport préliminaire sur la région de Lesage-Rivard, ministère des Richesses naturelles du Québec, rapport préliminaire 441, 11 pp. *Preliminary Report on the Lesage-Rivard Area, Quebec, Dept. Natural Res., Prelim. Rept. 441, 11 pp.*

Pollock, D.W.T. 1962 - Some Petrographic-Structural Relationships in an Area of Grenville Rocks, Trans. Roy. Soc. Can., Section III, p. 127-142.

Prider, R.T. 1945 - Charnockitic and Related Cordierite-Bearing Rocks from Dangin, W. Australia, Geol. Mag., 82, p. 145-172.

Quensel, P. 1951 - The Charnockite Series of the Barberg District on the Southwest Coast of Sweden, Arkiv. Mineral. Geol., 1, p. 227-322.

Ramberg, H. 1948 - Titanic Iron Ore Formed by Dissociation of Sillicates in the Granulite Facies, Econ. Geol., 43, p. 553-570.

Ramberg, H. 1952 - The Origin of Metamorphic and Metasomatic Rocks, U. of Chicago Press, Chicago, 317 pp.

Rose, E.R. 1960 - Fe and Ti in the Morin Anorthosite, Can. Dept. Mines Tech. Surv., Geol. Surv. Can. Paper 60-11, 12 pp.

de la Rûe, E.A. 1956 - Région de McGill, ministère des Richesses naturelles du Québec, rapport géologique 68, 21 pp. *McGill Area, Quebec, Dept. Mines, Geol. Rept. 68, 21 pp.*

Sastri, G.G.K. 1962 - Determination of the End Member Composition of Garnet from their Physical Properties, Records, Geol. Surv. India, 87 p. 757-780.

Scharbert, H.G. 1964 - Die Granulite des Sublichen Neider-Osterreichischen Moldanubikums, Neues Jahr. Mineral. Abhund. 101, p. 27-66.

Schermerhorn, L.J.G. 1960 - Telescoping of Mineral Facies in Granites, Bull. Comm. Geol. Finlande, 188, p. 121-131.

Scheumann, K.H. 1936 - Uber eine gruppe bisher wening beachteter orthogneise des granulitgebirge und deren einschlichtung, Mineral. Petro. Mitt., 47, p. 403-469.

Scheumann, K.H. 1961a- Granulit Eine Petrographische Definition, Neues, Jahr. Mineral. Monatsch., 1961, p. 75-80.

Scheumann, K.H. 1961b- Mineral Fazies und Kinematic, Neues Jahr. Mineral. Monatsch., 1961, p. 121-123.

Schreyer, H.W. & Yoder, H.S. 1961 - Petrographic Guides to the Experimental Petrology of Cordierite, Carnegie Inst. Wash. Yearbook, 1960, p. 147-152.

Schuller, A. 1948 - Petrogenetic Studieren zum Granulit Probleme au Gestein der Muncberge Masse, Heiderberger Beitr. Mineral. Petrog., 1, p. 269-340.

Sederholm, J.J. 1916 - On Synantectic Minerals, Bull. Comm. Geol. Finlande, 48, 148 pp.

Sorenson, H. 1960 - Symposium on Migmatite Nomenclature, Internat. Geol. Congr. 21st. Copenhagen, 1960, Rept. Session, Norden, 26, p. 54-78.

Stillwell, F.L. 1918 - The Metamorphic Rocks of Adelie Land, Australia-Antarctic Expedition, 1911-1914, Sci. Rept. A, 3, part 1, 230 pp.

Subramaniem, A.P. 1959 - Charnockites of the Type Area near Madras, Am. J. Sci., 257, p. 312-353.

Tilley, C.E. 1937 - Rocks from Enderby Land, Antarctica, British-Australian-New Zeeland Antarctic Research Expedition Rept. A, part 1.

Troger, E. 1962 - The Garnet Group, Relations between Mineralogy, Chemistry and Rock Type, Intern. Geol. Rev., 4, p. 663-693.

Turner, F.J. & Weiss, L.E. 1963 - Structural Analysis of Metamorphic Tectonites, McGraw Hill, New York, 545 pp.

Tuttle, O.F. & Bowen, N.L. 1958 - Origin of Granite in the Light of Experimental Studies in the System $NaAlSi_3O_8$-SiO_2- $KAlSi_3O_8$-H_2O, Geol. Soc. Am., Mem. 74, 153 pp.

Tyrell, G.W. 1926 - The Principles of Petrology, Metheum and Co., London, 349 pp.

Walton, M. 1955 - The Emplacement of Granite, Am. J. Sci., 253, p. 1-18.

Wilson, M.E. 1924 - Arnprior-Quyon and Maniwaki Areas, Ontario and Quebec, Can. Dept. Mines Tech. Surv., Geol. Surv. Can. Mem. 136, 152 pp.

Wynne-Edwards, H.H. et al. 1966 - Mont-Laurier and Kempt Lake Map Area; Can. Dept. Mines Tech. Surv., Geol. Surv. Can. Paper 66-32, 32 pp.

Yoder, H.S. 1952 - The MgO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O System and related Metamorphic Facies, Am. J. Sci., Bowen v. p. 569-627.

Yoder, H.S. & Tilley, C.E. 1962 - Origin of Basalt Magmas, J. Petrol., 3, p. 342-522.